

Strategische Umweltprüfung zum Nationalen Entsorgungsprogramm

Umweltbericht
für die Öffentlichkeitsbeteiligung

Darmstadt / Köln,
20.07.2015

Autorinnen und Autoren

Öko-Institut e. V.:

Mathias Steinhoff
Beate Kallenbach-Herbert
Manuel Claus
Dr. Mathias Englert
Christian Küppers
Peter Küppers
Falk Schulze
Angelika Spieth-Achtnich

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit:

Thomas Beuth
Dr. Thorsten Faß
Peter-Jürgen Larue
Dr. Henrich Meyering
Dr. Dietmar Weiß

Öko-Institut e.V.
Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 17 71
79017 Freiburg

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0
info@oeko.de
www.oeko.de

**Gesellschaft für Anlagen-
und Reaktorsicherheit
(GRS) gGmbH**
Schwertnergasse 1
50667 Köln
Telefon +49 221 2068-0

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	7
Abkürzungsverzeichnis	15
1. Einleitung	17
2. Gegenstand der Strategischen Umweltprüfung des Nationalen Entsorgungsprogramms	18
3. Untersuchungsrahmen, Methodik und Umweltziele	24
3.1. Untersuchungsraum, voraussichtliche Entwicklung bei Nichtdurchführung des NaPro	24
3.2. Methodik zur Bewertung der Umweltauswirkungen	25
3.3. Umweltziele	27
4. Übergeordnete Betrachtungen zu Wirkfaktoren, Umweltauswirkungen und Bewertungsrahmen	28
4.1. Häufige projektspezifische Wirkfaktoren	29
4.1.1. Flächeninanspruchnahme	29
4.1.2. Luftschadstoffe	31
4.1.3. Lärm und Erschütterungen	33
4.1.4. Direktstrahlung	36
4.1.5. Emission radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)	37
4.1.6. Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)	37
4.1.7. Störfälle	38
4.2. Unspezifische Wirkfaktoren	39
4.3. Unspezifische Wirkfaktoren von untergeordneter Bedeutung	44
5. Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen	48
5.1. Standortauswahlverfahren und Endlagerung insbesondere der Wärme entwickelnden Abfälle einschließlich der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren	48
5.1.1. Oberirdische Erkundung von Standorten für ein Endlager	49
5.1.2. Untertägige Erkundung mehrerer Standorte für ein Endlager	52
5.1.2.1. Errichtung eines Erkundungsbergwerkes	52
5.1.2.2. Betrieb eines Erkundungsbergwerkes	55
5.1.2.3. Einstellung des Betriebes des Erkundungsbergwerkes	57
5.1.3. Überführung der Abfälle von den Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort	58
5.1.4. Aufbewahrung der Abfälle im Eingangslager des Endlagers	61

5.1.5.	Endlagergerechte Konditionierung am Endlagerstandort	66
5.1.6.	Endlagerung insbesondere der Wärme entwickelnden Abfälle	71
5.1.6.1.	Errichtung des Endlagers	71
5.1.6.2.	Einlagerungsbetrieb des Endlagers	74
5.1.6.3.	Verschluss des Endlagers	79
5.1.6.4.	Zeitraum nach Verschluss des Endlagers	84
5.2.	Alternativ: Verbringung der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren in ein Land , in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt wird	88
5.3.	Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung	89
5.3.1.	Verlängerte Zwischenlagerzeit für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung	90
5.3.2.	Erweiterung der zulässigen Abfallarten von Standortzwischenlagern zur Aufbewahrung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung	91
5.3.3.	Zwischenlagerung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren	94
5.4.	Entsorgung der rückgeholtten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und Stilllegung der Schachtanlage Asse II	95
5.4.1.	Rückholung und Konditionierung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II	95
5.4.1.1.	Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II	95
5.4.1.2.	Konditionierung der rückgeholtten radioaktiven Abfälle am Ort der Rückholung	98
5.4.2.	Zwischenlagerung der konditionierten radioaktiven Abfälle	102
5.4.3.	Stilllegung der Schachtanlage Asse II	106
5.4.4.	Überführung der radioaktiven Abfälle in ein Endlager	107
5.4.5.	Endlagerung der rückgeholtten radioaktiven Abfälle im Endlager nach Standortauswahlgesetz	108
5.4.6.	Option: Endlagerung der rückgeholtten radioaktiven Abfälle im Endlager Konrad	109
5.5.	Entsorgung des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung	110
5.5.1.	Endlagergerechte Konditionierung der Abfälle	111
5.5.2.	Überführung der Abfälle in das Endlager	114
5.5.3.	Endlagerung der Abfälle im Endlager nach Standortauswahlgesetz	114
5.5.4.	Option: Endlagerung der Abfälle im Endlager Konrad	115
6.	Hypothetische Nullvarianten	116
6.1.	Nullvariante „Langzeitlagerung aller Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle“	117

6.2.	Nullvarianten „Langzeitlagerung aller radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II und aller Reststoffe aus der Urananreicherung“	120
7.	Zusätzliche Angaben	121
7.1.	Grenzüberschreitende potenzielle Umweltauswirkungen	121
7.2.	Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben	122
	Literaturverzeichnis	124

Zusammenfassung

Das Nationale Entsorgungsprogramm

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) hat mit Datum vom 6. Januar 2015 das Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle - Nationales Entsorgungsprogramm (NaPro) - im Entwurf veröffentlicht. Die tragenden Elemente des Nationalen Entsorgungsprogramms – Stand 6. Januar 2015 – sind durch folgende Eckpunkte gekennzeichnet:

- Die Entsorgung von radioaktiven Abfällen erfolgt grundsätzlich in nationaler Verantwortung. Die Endlagerung soll im Inland erfolgen. Bestrahlte Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren können in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden, verbracht werden.
- Es sollen an zwei Standorten Endlager errichtet werden: Das Endlager Konrad für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung und ein Endlager nach dem Standortauswahlgesetz für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle.
 - Die radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II sollen zurückgeholt und vorsorglich bei der Planung des Endlagers nach dem Standortauswahlgesetz berücksichtigt werden; eine Erweiterung des Endlagers Konrad für geeignete Abfälle wird nicht ausgeschlossen und soll ggf. nach dessen Inbetriebnahme geprüft werden.
 - Das in Deutschland angefallene und anfallende abgereicherte Uran aus der Urananreicherung soll für den Fall, dass eine weitere Verwertung nicht erfolgt, vorsorglich bei der Planung des Endlagers nach dem Standortauswahlgesetz berücksichtigt werden; eine Erweiterung des Endlagers Konrad für diese radioaktiven Stoffe wird nicht ausgeschlossen und soll ggf. nach dessen Inbetriebnahme geprüft werden.
- Der Rückbau aller Leistungsreaktoren sowie anderer kerntechnischer Anlagen und Einrichtungen, die im Betrachtungszeitraum außer Betrieb gehen, soll in Abhängigkeit eines verfügbaren Endlagers so rechtzeitig erfolgen, dass die dabei entstehenden vernachlässigbar Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle in das Endlager Konrad eingelagert werden können.
- Das Endlager Konrad geht voraussichtlich im Jahr 2022 in Betrieb. Der Einlagerungsbetrieb für das planfestgestellte Abfallvolumen von 303.000 m³ soll 40 Jahre nicht überschreiten.
- Der Standort für das Endlager für insbesondere Wärme entwickelnde Abfälle soll gemäß dem Standortauswahlgesetz bis zum Jahr 2031 festgelegt werden. Das Endlager soll um das Jahr 2050 in Betrieb gehen.
- Mit der ersten Teilgenehmigung für das Endlager für insbesondere Wärme entwickelnde Abfälle soll am Standort auch ein Eingangslager für alle bestrahlten Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung genehmigt und damit die Voraussetzung für den Beginn der Räumung der bestehenden Zwischenlager geschaffen werden.
- Die bestrahlten Brennelemente und die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sollen bis dahin an vorhandenen Zwischenlagerstandorten aufbewahrt werden.
- Die Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen in das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben ist beendet. Das Endlager soll stillgelegt und langfristig sicher verschlossen werden.

Für die Entsorgung radioaktiver Abfälle gilt bis zur Abgabe an ein Endlager oder eine Landessammelstelle das Verursacherprinzip im Sinne der Handlungspflicht. So haben diejenigen, die mit radioaktiven Stoffen umgehen, dafür Sorge zu tragen, dass anfallende radioaktive Reststoffe sowie ausgebaute oder abgebaute radioaktive Anlagenteile schadlos verwertet oder als radioaktive Abfälle geordnet beseitigt werden.

Radioaktive Abfälle aus Industrie, Medizin und Forschung müssen zunächst an die Sammelstellen der Länder (Landessammelstellen) abgeliefert und dort zwischengelagert werden. Die Landessammelstellen führen die bei ihnen zwischengelagerten radioaktiven Abfälle an ein Endlager ab.

Strategische Umweltprüfung des Nationalen Entsorgungsprogramms

Der Entwurf des NaPro vom 6. Januar 2015, im Folgenden als NaPro bezeichnet¹, wurde einer Strategischen Umweltprüfung (SUP) unterzogen. In der SUP des NaPro werden die Umweltauswirkungen folgender geplanter Maßnahmen zur Entsorgung von bestrahlten Brennelementen und radioaktiven Abfällen untersucht:

- Standortauswahlverfahren und Endlagerung insbesondere der Wärme entwickelnden Abfälle, einschließlich der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren
- Alternativ – soweit im Rahmen dieser SUP bewertbar: Verbringung der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden
- Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung
- Entsorgung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II und Stilllegung der Schachanlage Asse II
- Entsorgung des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung

Jede dieser Maßnahmen wird in einzelne Projekte gegliedert, für die die Umweltauswirkungen ermittelt werden.

Die geplanten, oben genannten Maßnahmen des NaPro werden in Anlagen oder Einrichtungen realisiert, deren Standorte und Auslegung noch nicht festgelegt sind. Daher sind in der SUP des NaPro keine realen Anlagen oder Umweltbestandteile von Untersuchungsgebieten darstellbar. Stattdessen werden die von Anlagen oder Einrichtungen ausgehenden Wirkfaktoren qualitativ oder als quantitative Bandbreite abgeschätzt und beschrieben. Die Umweltauswirkungen der so beschriebenen Wirkfaktoren werden unter Annahmen zur Betroffenheit von Schutzgütern und geschützten Umweltbestandteilen prognostiziert und im Hinblick auf die Einhaltung allgemeiner Umweltziele bewertet. Die Bewertung erfolgt im Hinblick auf eine wirksame Umweltvorsorge. Wirkfaktoren, die Vorsorgewerte überschreiten, werden als potenziell relevante Umweltauswirkungen identifiziert: Potenziell erhebliche Umweltauswirkungen ergeben sich, wenn Wirkfaktoren in ihrer Ausprägung dazu führen können, dass die Umweltziele nicht eingehalten werden.

¹ Die Strategische Umweltprüfung dient der Ermittlung der Umweltauswirkungen sowie der Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Erstellung des Nationalen Entsorgungsprogramms. Der Umweltbericht bezieht sich daher konsequenterweise auf den öffentlich ausgelegten Entwurf des NaPro vom 6. Januar 2015 und wird nicht an fortgeschriebene Fassungen nach Abschluss der Öffentlichkeitsbeteiligung angepasst.

In der SUP des NaPro werden folgende Wirkfaktoren berücksichtigt. Sie werden im Kapitel 4 übergeordnet behandelt und ggf. maßnahmenspezifisch in den Kapiteln 5.1 bis 5.5 betrachtet:

- Flächeninanspruchnahme und Raumwirkung
- Luftschadstoffe, Lärm und Erschütterungen (quantitative Betrachtung nur für das Schutzgut Mensch)
- Grundwasserabsenkung
- konventionelles Abwasser aus Bauvorhaben (Grundwasserabsenkung), Bergbau (Grundwasserabsenkung, Drainagewasser, Haldenentwässerung) und Betrieb von Anlagen
- wassergefährdende Stoffe, Regenwasser auf Verkehrs- und Dachflächen, Sanitärabwasser
- konventionelle Abfälle, Lichtemissionen und Wärmeeintrag
- Medieneintrag, Blow Out, hydraulischer Kurzschluss, Setzung der Tagesoberfläche und Radonemissionen
- Direktstrahlung und radioaktive Betriebsabfälle
- Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und über den Wasserpfad (Ableitungen)
- Emissionen von radioaktiven Stoffen oder anderen Schadstoffen aus Endlagern in der Nachverschlussphase
- Störfälle

Die Wirkfaktoren wassergefährdende Stoffe, Regenwasser auf Verkehrs- und Dachflächen, Sanitärabwasser, konventionelle Abfälle, Lichtemissionen und Radonemissionen sind projektspezifisch nicht darstellbar und für die SUP des NaPro von untergeordneter Bedeutung.

Die Maßnahmen und Projekte des NaPro sind mit folgenden potenziell relevanten bzw. potenziell erheblichen Umweltauswirkungen verbunden:

Standortauswahlverfahren und Endlagerung insbesondere von Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen (Kapitel 5.1)

Für das Standortauswahlverfahren und die Endlagerung insbesondere von Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen sind die Umweltauswirkungen folgender Projekte zu betrachten:

- oberirdische Erkundung mehrerer Standorte für ein Endlager (Kapitel 5.1.1),
- untertägige Erkundung von Standorten für ein Endlager (Auffahren, Betrieb und Einstellung des Betriebes von Erkundungsbergwerken, Stilllegungs- und Verschlussmaßnahmen) (Kapitel 5.1.1),
- Überführung der im Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle endzulagernden Abfälle von den Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort (Kapitel 5.1.3),
- Aufbewahrung der endzulagernden Abfälle im Eingangslager des Endlagers (Errichtung, Betrieb und Stilllegung) (Kapitel 5.1.4),
- Endlagerechte Konditionierung aller im Endlager endzulagernden Abfälle (Errichtung, Betrieb und Beendigung des Betriebs) (Kapitel 5.1.5) sowie
- Endlagerung (Errichtung sowie Betrieb des Endlagers, Endlagerverschluss und Nachverschlussphase) (Kapitel 5.1.6).

In der nachfolgenden Bewertung wird zwischen konventionellen Wirkfaktoren bei Errichtung und Rückbau, konventionellen Wirkfaktoren in der Phase des Betriebs und radiologischen Wirkfaktoren unterschieden:

Konventionelle Wirkfaktoren bei Errichtung und Abbau von Anlagen/Einrichtungen und beim Transport

Die Befestigung von Erkundungsflächen sowie die Errichtung von Gebäuden und Halden für die Eingangslagerung, die Konditionierung, die Erkundung und die Endlagerung führen zu Flächenversiegelungen, die als potenziell erhebliche Umweltauswirkungen auszugleichen sind. Bei einem späteren Rückbau aller Gebäude und Halden werden diese Flächen wieder entsiegelt. Die Versiegelung von Erkundungsflächen erfolgt lediglich über den kurzen Zeitraum der oberirdischen Erkundung.

Die oberirdische Erkundung eines Endlagerstandortes ist neben vorübergehender Flächenversiegelung mit folgenden Wirkfaktoren verbunden, die zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen, die in den Genehmigungsverfahren zu minimieren sind:

- Luftschadstoffe und Lärm innerhalb eines Abstandes von einigen 100 m

Bau und Rückbau des Eingangslagers und der Konditionierungsanlage sowie der Bau und Verschluss des Erkundungsbergwerks und des Endlagers können für folgende konventionelle Wirkfaktoren zu potenziellen Umweltauswirkungen führen:

- Luftschadstoffe- innerhalb eines Abstands von 700 m (Errichtung Erkundungsbergwerk) bzw. 1000 m (Errichtung Konditionierungseinrichtung, Eingangslager und Endlager)
- Lärmemissionen und Erschütterungen, innerhalb eines Abstandes von etwa 1000 m hinsichtlich des Schutzgutes Mensch
- Grundwasserabsenkung
- Ableitung von konventionellem Abwasser aus Bauvorhaben (Grundwasserabsenkung), Bergbau (Drainagewasser, Haldenentwässerung)
- Raumwirkung durch errichtete Gebäude und Halden

Entlang der Transportrouten für Baustoffe, konventionelle Abfälle und Haldenmaterial können innerhalb eines Abstandes von etwa 100 m potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm bestehen.

Konventionelle Wirkfaktoren beim Betrieb von Bergwerken und Anlagen

Für Bergwerke zur untertägigen Erkundung und zur Endlagerung sind auch während des Betriebes und während der Einstellung des Betriebes bzw. des Endlagerverschlusses potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung sowie konventionelle Abwässer aus der Einleitung von Grundwasser, Drainagewasser und Haldenentwässerung zu berücksichtigen.

Während des Betriebs der Konditionierungsanlage sind Ableitungen von konventionellem Abwasser zu berücksichtigen.

Beim Betrieb des Eingangslagers können potenziell relevante Umweltauswirkungen aufgrund der Einleitung von Wärme in den Untergrund auftreten, für die im Genehmigungsverfahren Maßnahmen zur Minimierung zu betrachten sind.

Radiologische Wirkfaktoren

Das Standortauswahlverfahren für ein Endlager beinhaltet keine radiologischen Wirkfaktoren.

Die Endlagerung Wärme entwickelnder Abfälle führt hinsichtlich radiologisch relevanter Wirkfaktoren zu folgenden potenziell relevanten Umweltauswirkungen:

- Eingangslager: Direktstrahlung und Risiken möglicher Störfälle
- Konditionierungsanlage: Direktstrahlung, Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und über den Wasserpfad (Ableitungen), Risiken möglicher Störfälle
- Betrieb und Verschluss des Endlagers: Risiken möglicher Störfälle

Emissionen von radioaktiven Stoffen oder anderen Schadstoffen aus Endlagern in der Nachverschlussphase können in geringfügigen Mengen nicht ausgeschlossen werden. Diese sind aber durch die Vorgaben der Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle und des Wasserhaushaltsgesetzes begrenzt. Da sich diese Phase über einen extrem langen Zeitraum von einer Million Jahre erstreckt, für den die Entwicklung der Schutzgüter, auf die die potentiellen Umweltauswirkungen einwirken, nicht genau prognostizierbar ist, sind die Bewertungen nicht unmittelbar mit denen für die anderen Projekte vergleichbar. Daher wird für die Nachverschlussphase eines Endlagers auf die Einordnung der Umweltauswirkungen in die üblicherweise verwendeten Bewertungskategorien verzichtet.

Alternativ: Verbringung der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden (Kapitel 5.2)

Die für den Transport zu berücksichtigenden Wirkfaktoren Luftschadstoffe und Lärm, Direktstrahlung und Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Unfällen führen nicht zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen. Die sich anschließenden Entsorgungsschritte, Aufbereitung der Brennelemente und Endlagerung der daraus resultierenden Abfälle, die beide im Ausland stattfinden, sind nicht Gegenstand der SUP, da sie unter dem regulatorischen Regime des annehmenden Landes erfolgen.

Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung (Kapitel 5.3)

Hinsichtlich der Umweltauswirkungen im Kontext der Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung sind

- die verlängerte Zwischenlagerzeit für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufbereitung (Kapitel 5.3.1),
- die Erweiterung der zulässigen Abfallarten von dezentralen Zwischenlagern zur Aufbewahrung von Abfällen aus der Wiederaufbereitung (Kapitel 5.3.2) und
- die Zwischenlagerung von Brennelementen aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren (Kapitel 5.3.3)

zu betrachten.

Für die daraus resultierenden Veränderungen des Betriebs existierender Zwischenlager werden die Wirkfaktoren Wärmeeintrag, radioaktive Betriebsabfälle, Direktstrahlung und Risiken möglicher

Störfälle betrachtet. Im Rahmen der übergreifenden Bewertung der SUP sind keine daraus resultierenden potenziell relevanten Umweltauswirkungen zu berücksichtigen.

Entsorgung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und Stilllegung der Schachtanlage Asse II (Kapitel 5.4)

Zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II sind folgende Projekte erforderlich:

- Rückholung und Konditionierung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II (Betrieb der Schachtanlage Asse II zur Rückholung; Errichtung, Betrieb und Rückbau einer Konditionierungsanlage) (Kapitel 5.4.1),
- Zwischenlagerung der konditionierten Abfälle (Errichtung, Betrieb und Beendigung des Betriebs) (Kapitel 5.4.2),
- Stilllegung der Schachtanlage Asse II (Kapitel 5.4.3),
- Überführung der Abfälle vom Zwischenlager in das Endlager (Kapitel 5.4.4),
- Endlagerung der Abfälle im Endlager nach Standortauswahlgesetz (Kapitel 5.4.5) sowie
- Option: Endlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle im Endlager Konrad (Kapitel 5.4.6)

Konventionelle Wirkfaktoren bei Errichtung und Abbau von Anlagen und beim Transport

Der Bau weiterer Gebäude für den Rückholbetrieb, einer Konditionierungsanlage und eines Zwischenlagers führen zu potenziell erheblichen Umweltauswirkungen durch Flächenversiegelung, die auszugleichen sind.

Bau und ggf. Rückbau des Zwischenlagers und der Konditionierungsanlage sowie die Errichtung von Anlagen für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II können für folgende konventionelle Wirkfaktoren zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen,:

- Luftschadstoffe innerhalb eines Abstandes von etwa 1,5 km
- Lärm und Erschütterungen innerhalb eines Abstandes von etwa 1,5 km hinsichtlich des Schutzgutes Mensch
- Luftschadstoffe sowie Lärm durch Transport von Baustoffen, Abfällen oder Haldenmaterial innerhalb eines Abstandes von etwa 100 m zu den Transportrouten
- Grundwasserhaltung und Ableitung geförderten Grundwassers als konventionelles Abwasser
- Raumwirkung durch Gebäude

Bei der Errichtung von Anlagen für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II können folgende Wirkfaktoren zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen:

- Luftschadstoffe und Lärm (Schutzgut Mensch) innerhalb eines Abstandes von etwa 700 m
- Raumwirkung durch ein Schachtgebäude sowie ggf. weitere Gebäude

Während der Stilllegung der Schachtanlage Asse II reduzieren sich alle Auswirkungen allmählich.

Konventionelle Wirkfaktoren beim Betrieb von Anlagen

Während des Betriebs der Konditionierungsanlage bestehen Ableitungen von konventionellem Abwasser.

Während des Rückholbetriebs treten im Sinne der übergreifenden Betrachtungsweise der SUP keine nennenswerten konventionellen Wirkungen auf.

Radiologische Wirkfaktoren

Die Rückholung, Konditionierung und Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II führen hinsichtlich radiologischer Wirkfaktoren zu folgenden potenziell relevanten Umweltauswirkungen:

- Rückholbetrieb: Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad und Risiken möglicher Störfälle
- Konditionierungsanlage: Direktstrahlung, Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad, Risiken möglicher Störfälle
- Zwischenlager: Direktstrahlung und Risiken möglicher Störfälle

Der Transport der Abfälle führt nicht zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen.

Eine Endlagerung der aus der Schachanlage Asse II zurückgeholten radioaktiven Abfälle im Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle oder optional im Endlager Konrad führt auf Basis der übergeordneten Betrachtungen der SUP zu vergleichbaren Umweltauswirkungen. Potenziell relevante Umweltauswirkungen ergeben sich während des Betriebs des Endlagers durch Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad und Risiken möglicher Störfälle.

Entsorgung abgereicherten Urans aus der Urananreicherung (Kapitel 5.5)

Die Entsorgung abgereicherten Urans aus der Urananreicherung umfasst folgende Projekte:

- Endlagergerechte Konditionierung der Abfälle (Errichtung, Betrieb und Stilllegung) (Kapitel 5.5.1),
- Überführung der Abfälle in das Endlager (Kapitel 5.5.2),
- Endlagerung der Abfälle im Endlager nach Standortauswahlgesetz (Kapitel 5.5.3) und
- Option: Endlagerung der Abfälle im Endlager Konrad (Kapitel 5.5.4)

Konventionelle Wirkfaktoren bei Errichtung und Abbau von Anlagen

Der Bau einer Konditionierungsanlage und eines Zwischenlagers führen zu potenziell erheblichen Umweltauswirkungen durch Flächenversiegelung, die auszugleichen sind.

Bau und Rückbau des Zwischenlagers und der Konditionierungsanlage können für folgende konventionelle Wirkfaktoren zu potenziellen Umweltauswirkungen führen:

- Luftschadstoffe und Lärm (Schutzgut Mensch) innerhalb eines Abstandes von etwa 1 km
- Lärm durch Transport von Baustoffen, Abfällen oder Haldenmaterial innerhalb eines Abstandes von etwa 100 m zu den Transportrouten
- Grundwasserabsenkung und Ableitung des geförderten Grundwassers als Abwasser
- Raumwirkung durch Gebäude (Zwischenlager, Konditionierungsanlage)

Konventionelle Wirkfaktoren beim Betrieb von Anlagen

Während des Betriebs der Konditionierungsanlage bestehen Ableitungen von konventionellem Abwasser.

Radiologische Wirkfaktoren

Die Zwischenlagerung und Konditionierung der nicht verwertbaren Abfälle aus der Urananreicherung führen hinsichtlich radiologischer Wirkfaktoren zu folgenden potenziell relevanten Umweltauswirkungen:

- Zwischenlagerung: Risiken möglicher Störfälle
- Konditionierungsanlage: Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad sowie Risiken möglicher Störfälle
- Die Endlagerung der Abfälle aus der Urananreicherung in einem Endlager nach Standortauswahlgesetz oder im Endlager Konrad führt während des Betriebs des Endlagers zu potenziellen Umweltauswirkungen durch Risiken möglicher Störfälle.

Der Transport der Abfälle führt nicht zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen.

Realisierbarkeit der Maßnahmen, grenzüberschreitende Auswirkungen, hypothetische Nullvarianten und nachfolgende Umweltprüfungen (Kapitel 6 und 7)

Bei den vorliegenden Ergebnissen der Bewertung von Umweltauswirkungen wurden Vorsorgeaspekte zu Grunde gelegt und die Betroffenheit von empfindlichen Schutzgütern wie z. B. Wohnbebauungen unterstellt. Maßnahmen der Vermeidung und Minimierung wurden nicht berücksichtigt. Daher müssen die aufgeführten potenziell relevanten Umweltauswirkungen bei der Realisierung der Maßnahmen und Projekte des NaPro nicht zwangsläufig auftreten.

Unter Berücksichtigung real betroffener Schutzgüter und Nutzung von Vermeidungs- und Minimierungspotenzialen können die Maßnahmen und Projekte des NaPro unter Einhaltung der Umweltziele realisiert werden, sodass mit Ausnahme der auszugleichenden Flächenversiegelungen keine erheblichen Umweltauswirkungen verbleiben.

Da nahezu alle Standorte für die Maßnahmen und Projekte des NaPro nicht festgelegt sind, können derzeit grenznahe Realisierungen nicht ausgeschlossen werden. In diesem Falle können grenzüberschreitend potenzielle Umweltauswirkungen innerhalb ggf. angegebener Entfernungen zu vorhandenen Schutzgütern bestehen.

In der SUP des NaPro wurden hypothetische Nullvarianten, eine Langzeitlagerung der Wärme entwickelnden Abfälle, der aus der Schachanlage Asse II rückgeholt radioaktiven Abfälle und des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung, das nicht verwertet wird, untersucht und im Hinblick auf Umweltwirkungen mit den Entsorgungsplänen des NaPro zur Endlagerung verglichen. Die hypothetischen Nullvarianten einer Langzeitlagerung würden im Vergleich zur im NaPro vorgesehenen Endlagerung zu einer überwiegenden Verschlechterung des Umweltzustandes führen.

Bei der Realisierung der Maßnahmen und Projekte des NaPro werden Umweltverträglichkeitsprüfungen nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung der Bundesrepublik Deutschland (UVPG) /UVPG 2013/ durchgeführt. Dabei werden die realen Umweltbestandteile im Untersuchungsgebiet im Hinblick auf den erforderlichen Schutz berücksichtigt.

Die betroffenen Nachbarstaaten werden bei Hinweisen auf grenzüberschreitende Umweltauswirkungen an den zukünftigen Genehmigungsverfahren nach Maßgabe des UVPG beteiligt.

Abkürzungsverzeichnis

AbwV	Abwasserverordnung
AtG	Atomgesetz
AtVfV	Atomrechtliche Verfahrensverordnung
AVV-Baulärm	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm
BArtSchV	Bundesartenschutzverordnung
BBergG	Bundesberggesetz
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
DCRL	Derived Consideration Reference Level
DIN	Deutsches Institut für Normung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
ERAM	Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
ESK	Entsorgungskommission
EU	Europäische Union
Euratom	Europäische Atomgemeinschaft
ewG	einschusswirksamer Gebirgsbereich
FFH	Fauna Flora Habitat
GGBefG	Gefahrgutbeförderungsgesetz
HAA	Hochaktive Abfälle
HDB	Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
ICRP	International Commission on Radiological Protection
KfZ	Kraftfahrzeug
KKW	Kernkraftwerk
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LAI	Länderausschuss für Immissionsschutz

LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LKW	Lastkraftwagen
NaPro	Nationales Entsorgungsprogramm
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
PKA	Pilot-Konditionierungsanlage
RAL-UZ 53	Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen – Umweltzeichen 53 (Baumaschinen)
SM	Schwermetall
SRS	Savannah River Site
SSR	Specific Safety Requirements
StandAG	Standortauswahlgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SUP	Strategische Umweltprüfung
US	United States
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfungen
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VSG	Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

1. Einleitung

Hintergrund

Gemäß der Richtlinie 2011/70/Euratom des Rates vom 19. Juli 2011 über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle haben die Mitgliedstaaten der Europäischen Union bis zum 23. August 2015 ein Nationales Entsorgungsprogramm (NaPro) zu erstellen, zu notifizieren und regelmäßig zu aktualisieren. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) als federführende Behörde hat in diesem Zusammenhang eine Strategische Umweltprüfung (SUP) des NaPro mit Beteiligung der Öffentlichkeit nach den Maßgaben des Gesetzes zur Umweltverträglichkeitsprüfung /UVPG 2013/ durchgeführt. Der vorliegende Umweltbericht beschreibt und bewertet die Auswirkungen der im öffentlich ausgelegten Entwurf des NaPro vom 6. Januar 2015 dargestellten Maßnahmen auf die Umwelt. Der Umweltbericht mit Stand vom 27.03.2015 diente in Ergänzung zum Entwurf des NaPro der Beteiligung der Öffentlichkeit. Die vorliegende Fassung stellt einen aufgrund der im Beteiligungsverfahren eingegangenen Kommentare zum Umweltbericht fortgeschriebenen Stand dar, bezieht sich aber nach wie vor auf den öffentlich ausgelegten Entwurf des NaPro vom 6. Januar 2015 – im Weiteren als NaPro bezeichnet.

Betrachtungsumfang

Umweltauswirkungen sind feststellbare Einwirkungen/Immissionen (z. B. von Luftschadstoffen, Lärm oder Flächeninanspruchnahme) auf die im UVPG definierten Schutzgüter (Menschen, menschliche Gesundheit, Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie Wechselwirkung). Die Intensität und die Dauer einer Umweltauswirkung bestimmen, ob diese unterhalb einer Bagatelgrenze liegt, als potenziell relevant oder als potenziell erheblich einzustufen ist.

Die Betrachtungen in der SUP umfassen die Maßnahmen, die im NaPro /NaPro 2015/ als Planung aufgeführt sind oder aus entsprechenden Planungen resultieren, da für bereits bestehende bzw. zugelassene Maßnahmen im Rahmen der Zulassungsverfahren Umweltauswirkungen bereits berücksichtigt wurden. Die im NaPro dargelegten Maßnahmen werden zum Teil in Anlagen und Einrichtungen (z. B. Endlager und Konditionierungseinrichtungen) realisiert, über deren Standorte und Auslegung noch nicht entschieden ist. Daher sind insoweit in dieser SUP keine realen Untersuchungsgebiete mit realen Umweltbestandteilen darstellbar. Dementsprechend werden Wirkfaktoren als quantitative Bandbreite oder qualitativ beschrieben. Die Umweltauswirkungen werden auf dieser Basis prognostiziert und im Hinblick auf die Einhaltung allgemeiner Umweltziele geprüft. Zur Prüfung der Umweltauswirkungen werden Annahmen zur Betroffenheit von Schutzgütern und geschützten Umweltbestandteilen getroffen.

Die zur Umsetzung der Ziele des NaPro zukünftig zu realisierenden Projekte werden in nachfolgenden SUPs und Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) im Detail geprüft. Diese Prüfungen werden dann auf Basis konkreter Anlagenbeschreibungen und Standorte einschließlich der betroffenen Umweltbestandteile im Untersuchungsraum erfolgen, so dass zum jetzigen Zeitpunkt eine weitere Konkretisierung des vorgesehenen generisch qualitativen Ansatzes nicht erforderlich ist. Aufgrund des Abstraktionsgrads dieser SUP werden hier keine Schwerpunkte der Umweltprüfung gegenüber nachgeordneten SUPs und UVPs (gemäß § 14f Abs. 3 UVPG) festgelegt.

Verfahrensschritte und Beteiligung

Ein Entwurf des NaPro sowie die Unterlage für den Scoping-Termin zur SUP des NaPro wurden am 6. Januar 2015 durch das BMUB veröffentlicht. Entsprechend § 14f Abs. 4 Satz 1 UVPG erhielten die atomrechtlich zuständigen obersten Landesbehörden, sowie die anerkannten überregional tätigen Umweltvereinigungen Gelegenheit, zur Festlegung des Untersuchungsrahmens und des Umfangs und Detaillierungsgrads der im Umweltbericht aufzunehmenden Angaben schriftlich Stellung zu nehmen. Am 29. Januar 2015 bestand für diese außerdem Gelegenheit zur mündlichen Erörterung.

Der Entwurf des NaPro sowie der vorliegende Umweltbericht wurden für die Öffentlichkeitsbeteiligung für einen Zeitraum von zwei Monaten öffentlich ausgelegt, um der Bevölkerung Gelegenheit zur Stellungnahme zu den geplanten Maßnahmen zu geben. Unter Berücksichtigung der übermittelten Stellungnahmen und Äußerungen wurden die Darstellungen und Bewertungen der beiden Berichte geprüft und bei der Überarbeitung des NaPro berücksichtigt.

2. Gegenstand der Strategischen Umweltprüfung des Nationalen Entsorgungsprogramms

Die Beschreibung des Prüfgegenstandes stellt die Grundlage für die Ermittlung der Wirkfaktoren und für die darauf aufbauende Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen dar.

Der Prüfgegenstand für die SUP ergibt sich aus den im NaPro aufgeführten Maßnahmen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle in Deutschland. Dabei beschränken sich die Betrachtungen auf solche Maßnahmen, die im NaPro als Planung enthalten sind, da für bestehende bzw. zugelassene Maßnahmen (z. B. vorhandene Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente sowie Errichtung und Betrieb des Endlagers Konrad) im Rahmen der Zulassungsverfahren die mit den Maßnahmen verbundenen Umweltauswirkungen bereits berücksichtigt wurden. Die geplanten Maßnahmen werden unabhängig davon betrachtet, ob sie neben der Planung im NaPro auch Gegenstand gesetzlicher Festlegungen sind.

Die Beschreibung der geplanten Maßnahmen wird für die Umweltprüfung anhand von Projekten und Phasen weiter konkretisiert:

- Maßnahmen: Als Maßnahmen werden die im NaPro beschriebenen Planungen bezeichnet.
- Projekte: Als Projekte werden die wesentlichen Bestandteile einer Maßnahme bezeichnet. Dies können z. B. Anlagen oder Einrichtungen für bestimmte Entsorgungsschritte sein oder definierte Erkundungsschritte bei der Endlagerung oder Transporte von Abfällen zwischen verschiedenen Anlagen oder Einrichtungen.
- Phasen: Je nach Art des Projekts sind unterschiedliche Realisierungsschritte zu betrachten, die nachfolgend als „Phasen“ bezeichnet werden. Bei neu zu realisierenden Anlagen und Einrichtungen sind grundsätzlich die Phasen Errichtung, Betrieb und Stilllegung/Verschluss im Umweltbericht zu berücksichtigen. Bei Projekten, die die Änderung oder Verlängerung der Nutzung bestehender Anlagen vorsehen, beschränken sich die Betrachtungen in der Regel auf die Betriebsphase.

Soweit für eine Darstellung potenzieller Umweltauswirkungen eine Konkretisierung der Maßnahmen aus dem NaPro notwendig ist, werden in diesem Bericht plausible Annahmen zu Grunde gelegt. Diese Annahmen werden dabei allein für die Abschätzung potenzieller Umweltauswirkung gemacht und sind keine Vorfestlegung für die spätere Durchführung der Maßnahmen des NaPro.

Sofern im NaPro für die Realisierung einer Maßnahme ergänzend zu der Planung auch gegebenenfalls zu prüfende Alternativen genannt werden (z. B. für den Ort der Endlagerung der aus der Schachanlage Asse II rückzuziehenden Abfälle), werden die damit jeweils verbundenen Projekte als Optionen aufgeführt. Bei der Beschreibung der Umweltauswirkungen von Optionen wird – soweit möglich – eine vergleichende Betrachtung entsprechend dem generischen Charakter dieser SUP durchgeführt.

Aufgrund der Planungen im NaPro werden im Umweltbericht die folgenden geplanten Maßnahmen hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen betrachtet:

- Standortauswahlverfahren und Endlagerung insbesondere der Wärme entwickelnden Abfälle, einschließlich der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren
- Alternativ: Verbringung der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden
- Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung
- Entsorgung der rückgehenden radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II und Stilllegung der Schachanlage Asse II
- Entsorgung des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung, für den Fall, dass eine weitere Verwertung nicht erfolgt

Nachfolgend wird für jede dieser Maßnahmen ausgeführt, welche Projekte und welche Phasen im Umweltbericht berücksichtigt werden sollen.

Standortauswahlverfahren und Endlagerung insbesondere der Wärme entwickelnden Abfälle, einschließlich der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren

Das Verfahren zur Suche und Auswahl eines Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde Abfälle ist im Standortauswahlgesetz /StandAG 2013/ beschrieben. Die dort definierten Schritte werden in der SUP als Projekte berücksichtigt. Ergänzend umfasst die Planung des NaPro die Errichtung eines Eingangslagers am Standort des Endlagers, das mit der ersten Teilgenehmigung für das Endlager genehmigt werden soll. Dadurch soll die Voraussetzung für den Beginn der Räumung der bestehenden Zwischenlager geschaffen werden. Entsprechend den Planungen für das Endlager werden – soweit sinnvoll und möglich – bei allen zu betrachtenden Projekten die im Standortauswahlgesetz genannten Wirtsgesteinsvarianten Steinsalz, Ton- und Kristallingestein berücksichtigt. Allerdings erfolgt eine nach Wirtsgesteinen differenzierte Betrachtung aufgrund des generisch qualitativen Charakters des Umweltberichts nur in Einzelfällen, wenn auf der Basis derzeit verfügbarer Daten hinsichtlich bestimmter Wirkungen erhebliche Unterschiede zu erwarten sind, die maßgeblichen Einfluss auf die Bewertung der Umweltauswirkungen haben.

Neben den bestrahlten Brennelementen aus Leistungsreaktoren und den Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen umfassen die Betrachtungen auch bestrahlte Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren, für die das NaPro die Option der Endlagerung in dem nach Standortauswahlgesetz zu errichtenden Endlager für insbesondere Wärme entwickelnde Abfälle vorsieht, wenn eine Verbringung in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden, nicht erfolgt. Die Mengen sind im Vergleich zu den beiden anderen Abfallströmen gering.

Die Betrachtungen von Umweltauswirkungen durch Transporte der verschiedenen Abfälle von den Zwischenlagern ins Endlager erfolgen gemeinsam in einem generischen Ansatz für alle Abfälle und Zwischenlagerstandorte, da eine Differenzierung von Volumen, Inventaren und Transportwegen auf Basis des derzeitigen Planungsstandes nicht möglich ist.

Für die Maßnahme sind folgende Projekte und Phasen zu berücksichtigen:

Maßnahme: Standortauswahlverfahren und Endlagerung insbesondere der Wärme entwickelnden Abfälle einschließlich der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren

Projekte	Phasen
Oberirdische Erkundung mehrerer Standorte für ein Endlager	Durchführung aller Maßnahmen von der Erdoberfläche aus z. B. Erkundungsbohrungen, Messungen etc.
Untertägige Erkundung von Standorten für ein Endlager	Auffahren von Erkundungsbergwerken, Betrieb des Erkundungsbergwerks, Einstellung des Betriebes von Erkundungsbergwerken, Stilllegungs- und Verschlussmaßnahmen
Überführung der im Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle endzulagernden Abfälle von den Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort	Antransport zum Eingangslager des Endlagers
Aufbewahrung der endzulagernden Abfälle im Eingangslager des Endlagers	Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Eingangslagers
Endlagerechte Konditionierung aller im Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle endzulagernden Abfälle	Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Konditionierungseinrichtungen zur endlagerechten Bearbeitung und Verpackung
Endlagerung der Abfälle	Errichtung des Endlagers, Einlagerungsbetrieb des Endlagers, Endlagerverschluss (Stilllegungs- und Verschlussmaßnahmen, Monitoring, Abbau oberirdischer Anlagen), Nachverschlussphase

Alternativ: Verbringung der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden

Die Verbringung der bestrahlten Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden, ist gemäß NaPro eine Alternative zur Endlagerung in Deutschland. Für die Maßnahme werden folgende Projekte berücksichtigt:

Maßnahme: Verbringung der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden

Projekte	Phasen
Überführung vorhandener und noch anfallender Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden	Berücksichtigt wird der gesamte Transportweg in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden, in generischer Form

Die sich im Empfängerland anschließenden Entsorgungsschritte (Wiederaufarbeitung und Endlagerung der daraus resultierenden Abfälle) sind nicht Gegenstand der SUP, da sie unter dem regulatorischen Regime des entsprechenden annehmenden Landes erfolgen.

Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung

Für die bestrahlten Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung sind in Deutschland ausreichende Zwischenlagerkapazitäten vorhanden. Die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen tangieren ausschließlich Änderungen des derzeit genehmigten Betriebs der bestehenden Zwischenlager im Hinblick auf die Dauer der Zwischenlagerung und die einzulagernden Abfälle. Auswirkungen durch Errichtung und Abbau von Anlagen sind daher nicht zu berücksichtigen.

Die Zwischenlagerung der bestrahlten Brennelemente aus Leistungsreaktoren erfolgt an den Standorten der Kernkraftwerke (Standortzwischenlager) sowie in den Transportbehälterlagern in Gorleben, Ahaus und Rubenow. Aufgrund des Zeitplans für die Bereitstellung eines Endlagers nach Standortauswahlgesetz /StandAG 2013/ kann eine vollständige Räumung der Zwischenlager innerhalb der genehmigten Betriebszeit nicht gewährleistet werden. Im Umweltbericht wird daher die Option einer Verlängerung der Zwischenlagerzeiten berücksichtigt.

Die aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente im Ausland noch zurückzunehmenden verfestigten Spaltproduktlösungen sind gemäß Artikel 2 des Standortauswahlgesetzes /StandAG 2013/ nicht mehr im Transportbehälterlager Gorleben, sondern in Standortzwischenlagern aufzubewahren. Die im Umweltbericht zu betrachtende Planung bezieht sich auf den Betrieb von Standortzwischenlagern, in die - gegenüber der bestehenden Genehmigung - nunmehr auch insgesamt 26 Transport- und Lagerbehälter mit verfestigten Spaltproduktlösungen und verglasten Betriebsabfällen eingelagert werden.

Des Weiteren sind Zwischenlagerkapazitäten für die bestrahlten Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren zu berücksichtigen, für die das NaPro die Option der Zwischen- und späteren Endlagerung vorsieht, wenn eine Verbringung in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden, nicht erfolgt. Die Verbringung in ein solches Land ist als Alternative in Kapitel 5.2.1 beschrieben.

Da die Zwischenlager auf einem vergleichbaren Konzept basieren, erfolgen die Betrachtungen zu den Umweltauswirkungen der drei genannten Entsorgungsmaßnahmen jeweils gemeinsam für alle Zwischenlager in einem generischen Ansatz.

Für die Maßnahme sind folgende Projekte und Phasen zu berücksichtigen:

Maßnahme: Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung

Projekte	Phasen
Verlängerung der Zwischenlagerzeit für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung in den vorhandenen, genehmigten Standortzwischenlagern und Transportbehälterlagern	Betrieb
Erweiterung von mehreren bestehenden Standortzwischenlagern zur Aufbewahrung von verfestigten Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung bestrahlter Brennelemente	Betrieb
Erweiterung bestehender Zwischenlager zur Aufbewahrung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren	Betrieb

Entsorgung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und Stilllegung der Schachtanlage Asse II

Gemäß dem Gesetz zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachtanlage Asse II /Lex Asse 2013/ sind die Abfälle aus der Schachtanlage zurückzuholen. Die rückgeholten radioaktiven Abfälle sollen vor Ort konditioniert und in einem neu zu errichtenden Zwischenlager gelagert werden. Für die Endlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle sieht die Planung des NaPro die Einlagerung im Endlager nach Standortauswahlgesetz vor. Die Option einer Erweiterung des Endlagers Konrad soll nicht ausgeschlossen und gegebenenfalls nach dessen Inbetriebnahme geprüft werden. Die technische Machbarkeit einer Erweiterung wird als gegeben angenommen. Die Einlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle in das Endlager Konrad wird daher im Umweltbericht als Option berücksichtigt. Eine Betrachtung von Auswirkungen einer Einlagerung der aus der Schachtanlage Asse II rückgeholten radioaktiven Abfälle auf den Nachweis der Langzeitsicherheit erfolgt weder für das Endlager nach Standortauswahlgesetz noch für das Endlager Konrad.

Für die Maßnahme sind folgende Projekte und Phasen zu berücksichtigen:

Maßnahme: Entsorgung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und Stilllegung der Schachtanlage Asse II

Projekte	Phasen
Rückholung und endlagergerechte Konditionierung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II am Ort der Rückholung	Rückholung der radioaktiven Abfälle, Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Konditionierungseinrichtungen zur Bearbeitung und Verpackung der rückgeholten radioaktiven Abfälle
Zwischenlagerung der konditionierten Abfälle	Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Zwischenlagers
Stilllegung der Schachtanlage Asse II	Verschluss des Bergwerks und Rückbau der obertägigen Anlagen
Überführung der Abfälle in das Endlager	Transport vom Zwischenlager zum Endlager
Endlagerung der Abfälle im Endlager nach Standortauswahlgesetz	Berücksichtigung bei den Einlagerungskapazitäten des Endlagers, Betrieb des Endlagers zur Einlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle (Einlagerungsbetrieb)
Option: Endlagerung im Endlager Konrad	
Endlagerung der Abfälle im Endlager Konrad	Erweiterung der Einlagerungskapazitäten des Endlagers Konrad, Betriebsverlängerung des Endlagers Konrad zur Einlagerung der rückgeholten Abfälle aus der Schachtanlage Asse II

Entsorgung des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung

Das in Deutschland angefallene und anfallende abgereicherte Uran aus der Urananreicherung soll für den Fall, dass eine weitere Verwertung nicht erfolgt, vorsorglich bei der Planung des Endlagers nach Standortauswahlgesetz berücksichtigt werden. Die Option einer Erweiterung des Endlagers Konrad soll nicht ausgeschlossen und gegebenenfalls nach dessen Inbetriebnahme geprüft werden. Die technische Machbarkeit einer Erweiterung wird als gegeben angenommen. Die Einlagerung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung in das Endlager Konrad wird daher im Umweltbericht als Option berücksichtigt, die einer vergleichenden Betrachtung mit der Verbringung in das Endlager nach Standortauswahlgesetz unterzogen wird. Zur Endlagerung sind diese Reststoffe endlagergerecht zu konditionieren und an den entsprechenden Endlagerstandort zu verbringen. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass am Standort der Konditionierungseinrichtung oder am Endlagerstandort Zwischenlagerkapazitäten für die konditionierten Abfälle einzurichten sind, um die Konditionierung unabhängig vom Einlagerungsmanagement im Endlager realisieren zu können.

Für die Maßnahme sind folgende Projekte und Phasen zu berücksichtigen:

Maßnahme: Entsorgung des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung

Projekte	Phasen
Überführung der Abfälle in das Endlager	Transport vom Zwischenlager zum Endlager
Endlagerechte Konditionierung der Abfälle	Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Konditionierungseinrichtungen
Endlagerung der Abfälle im Endlager nach Standortauswahlgesetz	Berücksichtigung bei den Einlagerungskapazitäten des Endlagers, Betrieb des Endlagers zur Einlagerung des abgereicherten Urans (Einlagerungsbetrieb)
Option: Endlagerung im Endlager Konrad	
Endlagerung der Abfälle im Endlager Konrad	Erweiterung der Einlagerungskapazitäten des Endlagers Konrad Betriebsverlängerung des Endlagers Konrad zur Einlagerung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung

3. Untersuchungsrahmen, Methodik und Umweltziele

3.1. Untersuchungsraum, voraussichtliche Entwicklung bei Nichtdurchführung des NaPro

Der Untersuchungsraum hat eine räumliche und eine zeitliche Dimension.

Im räumlichen Sinne ist der Untersuchungsraum zur SUP des NaPro die Umgebung um die geplanten Maßnahmen und Projekte innerhalb der die Wirkfaktoren auf die Umwelt einwirken (Immissionen). Die im NaPro geplanten Maßnahmen werden weitgehend an bisher nicht festgelegten Standorten auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland realisiert. Aufgrund der fehlenden Standortfestlegungen ist eine räumliche Eingrenzung auf konkrete Untersuchungsgebiete sowie eine Beschreibung realer Umweltbestandteile nicht möglich. Zur Eruiierung potenziell erheblicher Umweltauswirkungen wird daher bei der Bewertung der Umweltauswirkungen das Vorkommen von empfindlichen Schutzgütern oder geschützten Umweltbestandteilen im Untersuchungsraum unterstellt.

Die zeitliche Dimension des Untersuchungsraumes ist die Betrachtung der Wirkfaktoren über den Zeitraum der Einwirkungsdauer auf die Schutzgüter. Die Erheblichkeit von Umweltauswirkungen hängt unter anderem davon ab, ob das jeweilige Schutzgut nur kurzzeitig oder langfristig betroffen ist. Vorübergehende Beeinträchtigungen von Schutzgütern (z. B. durch Baustellenlärm) sind im Vergleich zu langfristigen Beeinträchtigungen oder gar Verlusten von Schutzgutfunktionen (z. B. Flächeninanspruchnahme) als weniger gravierend einzustufen.

Eine voraussichtliche Entwicklung der Umwelt bei Nichtdurchführung des NaPro ist im Rahmen der SUP nicht quantitativ zu beschreiben, da die jeweiligen Standorte der Maßnahmen des NaPro nicht festgelegt sind.

Für die SUP des NaPro werden in Kapitel 6 hypothetische Nullvarianten entwickelt und beschrieben.

3.2. Methodik zur Bewertung der Umweltauswirkungen

Vorgehensweise zur Erfassung und Bewertung der Umweltauswirkungen

Nach § 14g Abs. 1 UVPG sind in der SUP eines Programms nach § 2 Abs 5 UVPG die voraussichtlich erheblichen Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter des UVPG (Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, Tiere, Pflanzen, die biologische Vielfalt, Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern) zu ermitteln. Prüfgegenstand sind die in Kapitel 2 aufgeführten Maßnahmen und Projekte des NaPro. Die Prüfung erfolgt in drei Schritten:

- Im ersten Schritt werden die Wirkfaktoren (Emissionen/Wirkungen) beschrieben, die von den zu prüfenden Maßnahmen und Projekten des NaPro ausgehen.
- Im zweiten Schritt werden die Auswirkungen der Wirkfaktoren auf die Schutzgüter des UVPG - die Umweltauswirkungen - beschrieben.
- Im dritten Schritt erfolgt die Bewertung der Umweltauswirkungen im Hinblick auf die Einhaltung der Umweltziele. Es werden Maßnahmen der Vermeidung und Minimierung dargestellt.

In dieser SUP erfolgt die Beschreibung und Bewertung von Umweltauswirkungen jeweils für die aus übergreifender Sicht der SUP relevanten Schutzgüter gemäß UVPG. Schutzgüter des UVPG, für die im Rahmen der übergreifenden Vorgehensweise dieser SUP hinsichtlich der jeweils zu betrachtenden Umweltauswirkungen keine wesentliche Betroffenheit erkennbar ist, werden nicht explizit erwähnt

Erfassung der Wirkfaktoren

Die Beschreibung der Wirkfaktoren der Maßnahmen und Projekte des NaPro erfolgt durch Auswertung vorhandener Literatur zu Projektstudien, die mit den Projekten des NaPro plausible Vergleichbarkeiten aufweisen. Da anlagenspezifische Konzepte der Projekte des NaPro derzeit nicht vorliegen, ist eine vollständige quantitative Darstellung der Wirkfaktoren nicht möglich. Die Wirkfaktoren werden, soweit möglich, in der quantitativen Bandbreite ihrer Ausprägung dargestellt oder qualitativ beschrieben.

Bei Projekten der Endlagerung Wärme entwickelnder Abfälle (z.B. Standorterkundung, Endlagererrichtung und -betrieb) wird soweit vorhanden auf Studien zu geplanten Anlagen im Ausland oder auf Erkenntnisse zur Erkundung des Standortes zurückgegriffen. Sofern zur Beschreibung von Wirkfaktoren der Endlagerung aus einschlägigen Projektkonzepten keine plausiblen Erkenntnisse gezogen werden können, werden übertragbare Erkenntnisse aus anderen Projekten, beispielsweise aus Bergbauvorhaben, genutzt.

Zur Beschreibung der Wirkfaktoren von geplanten Zwischenlagern werden übertragbare Erkenntnisse aus bereits realisierten Zwischenlagerprojekten verwendet.

Bei Projekten des NaPro, die mit einer Errichtung von Anlagen verbunden sind (z. B. Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle, Konditionierungsanlagen und Zwischenlager) werden neben anlage- und betriebsbedingten Wirkfaktoren auch relevante baubedingte Wirkfaktoren im Überblick berücksichtigt. Bei Projekten, die eine Verlängerung der Laufzeiten vorhandener Anlagen, beispielsweise der Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente an Kernkraftwerksstandorten, vorsehen, werden ausschließlich betriebsbedingte Auswirkungen betrachtet. Anlagen- und errichtungsbedingte Auswirkungen wie beispielsweise Flächeninanspruchnahmen wurden bereits bei der Genehmigung der Anlagen berücksichtigt.

Die Beschreibung der Wirkfaktoren für die geplanten Maßnahmen und Projekte des NaPro erfolgt fokussiert auf die nach heutigem Stand der Erkenntnisse wichtigsten Wirkungen im Hinblick auf relevante Auswirkungen auf die Schutzgüter des UVPG.

Wirkfaktoren eines Projektes, die entsprechend der übergreifenden Betrachtungsweise dieser SUP von vorn herein erkennbar nicht zu Umweltauswirkungen führen, werden bei der nachfolgenden Beschreibung von Umweltauswirkungen nicht aufgegriffen.

Ermittlung der potenziellen Umweltauswirkungen

Umweltauswirkungen sind feststellbare Einwirkungen auf Schutzgüter des UVPG (Immissionen). Die Intensität, das Ausmaß und die Dauer einer Umweltauswirkung bestimmen, ob die Umweltauswirkung unterhalb einer Bagatellgrenze liegt, zu wahrnehmbaren Störungen oder zu Beeinträchtigungen des Schutzgutes führt.

Zur Ermittlung der potenziellen Umweltauswirkungen werden die Einwirkungen/Immissionen der Wirkfaktoren auf potenziell vorhandene Schutzgüter qualitativ und soweit möglich auch quantitativ beschrieben. Dazu werden zunächst die grundsätzlich plausiblen Beziehungen zwischen Wirkfaktoren und Schutzgütern zusammengestellt (z. B. die Wirkung von Lärm auf Menschen). Für die relevanten Beziehungen Wirkfaktor – Schutzgut wird die Bandbreite der Intensität möglicher Umweltauswirkungen dargestellt.

Umweltauswirkungen eines Wirkfaktors, die sich entsprechend der übergreifenden Betrachtungsweise dieser SUP bei der Beschreibung von potenziellen Umweltauswirkungen als vernachlässigbar darstellen, werden bei einer nachfolgenden Bewertung von Umweltauswirkungen des jeweiligen Projektes nicht aufgegriffen.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Bei der Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen wird auf Basis von Annahmen zu vorhandenen Schutzgütern überprüft, ob die Umweltziele eingehalten werden können.

Zur Prüfung der Umweltauswirkungen durch geplante Maßnahmen und Projekte des NaPro werden bei der Bewertung von Wirkfaktoren mit erheblichem Einwirkungspotenzial auf die Umwelt Annahmen zu empfindlichen Schutzgütern oder geschützten Umweltbestandteilen getroffen (z. B. vorhandene FFH-Gebiete oder Wohngebiete im Bereich von Immissionen). Es werden soweit möglich und sinnvoll Aussagen über Entfernungen zwischen Schutzgut und Emissionen getroffen, die als Orientierungswert zur Vermeidung von potenziell relevanten Umweltauswirkungen angesetzt werden können und innerhalb derer Minimierungspotenziale zu betrachten sind.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen erfolgt nach drei Kategorien:

- **Keine potenziell relevante Umweltauswirkung.** Die Ausprägung des jeweiligen Wirkfaktors ist weitgehend quantitativ darstellbar. Die Umweltauswirkung ist aufgrund der geringen Ausprägung des Wirkfaktors oder der geringen Empfindlichkeit von potenziellen Schutzgütern nicht relevant. Die Einhaltung der Umweltziele ist nicht in Frage gestellt.
- **Potenziell relevante Umweltauswirkung.** Der Wirkfaktor kann zu signifikanten Einträgen in die Umwelt (Immissionen) führen. Das Ausmaß der Umweltauswirkung ist von der Ausprägung der Wirkfaktoren und der Betroffenheit ggf. vorhandener Schutzgüter abhängig. Unter Berücksichtigung von Minimierungspotenzialen und Berücksichtigung der Randbedingungen zur Betroffenheit von Schutzgütern kann von einer Einhaltung der Umweltziele ausgegangen werden.

- **Potenziell erhebliche Umweltauswirkung.** Erhebliche Wirkungen auf ggf. vorhandene besonders empfindliche Schutzgüter oder besonders geschützte Umweltbestandteile können nicht ausgeschlossen werden, so dass von einer Einhaltung der Umweltziele nicht ausgegangen werden kann.

Die in der SUP des NaPro generisch betrachteten Umweltauswirkungen sind bei der Realisierung der einschlägigen Projekte im Rahmen der vorgeschriebenen Umweltverträglichkeitsprüfungen zu konkretisieren. Dabei erfolgt eine vertiefende Betrachtung der Umweltauswirkungen auf Basis definierter Anlagenkonzepte und Standorte.

3.3. Umweltziele

In der SUP des NaPro sind im Hinblick auf die Umweltauswirkungen folgende Schutzgüter gemäß § 2 UVPG zu berücksichtigen:

- Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit
- Tiere, Pflanzen, die biologische Vielfalt
- Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Kulturgüter und sonstige Sachgüter sowie
- Wechselwirkungen zwischen den vorgenannten Schutzgütern

Umweltziele sind Zielvorgaben zum Schutz der o.g. Schutzgüter. Die Umweltziele sind in den Gesetzen der Bundesrepublik Deutschland, den darauf basierenden Verordnungen, dem untergesetzlichen Regelwerk sowie in den anerkannten Veröffentlichungen festgelegt. Als Maßstab für die Umweltziele werden in den Regelwerken und der Literatur allgemein qualitativ formulierte Vorgaben zu den Schutzziele für die einzelnen Schutzgüter oder – sofern die ermittelten Einwirkungen auf Schutzgüter quantifiziert werden können - konkret festgelegte Werte (z. B. Vorsorge- und Grenzwerte) verwendet.

Das im Grundgesetz /GG 2012/ verankerte Grundrecht auf Leben und Gesundheit adressiert das Schutzgut Mensch und die menschliche Gesundheit.

Bei der Bewertung von Wirkfaktoren sind die jeweils zu Grunde gelegten Umweltziele (Gesetze, Verordnungen, Regelungen) und Bewertungskriterien dargestellt.

Wesentliche Umweltziele zur Bewertung konventioneller Wirkfaktoren sind unter anderem in folgenden Gesetzen, Verordnungen und Regelungen verankert:

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) einschließlich Verordnungen /BImSchG 2014/
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) /WHG 2014/
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundesbodenschutzgesetz – BBodSchG) /BBodSchG 2012/
- Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) /BBodSchV 2012/
- Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) /BNatSchG 2013/

- Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) /BArtSchV 2013/

Wesentliche Umweltziele und Vorgaben zur Bewertung radiologischer Wirkfaktoren finden sich in folgenden Gesetzen, Verordnungen und Bekanntmachungen der Bundesrepublik Deutschland:

- Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) /AtG 2013/
- Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) /StrlSchV 2012/
- Verordnung über das Verfahren bei der Genehmigung von Anlagen nach §7 des Atomgesetzes (Atomrechtliche Verfahrensverordnung - AtVfV) /AtVfV 2006/
- Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung Wärme entwickelnder Abfälle /SaEndlWA 2010/

4. Übergeordnete Betrachtungen zu Wirkfaktoren, Umweltauswirkungen und Bewertungsrahmen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über alle im Kontext der Projekte des NaPro zu betrachtenden Wirkfaktoren.

Die Wirkfaktoren sind für die Projekte des NaPro und die projektspezifischen Betrachtungen in Kapitel 5 von unterschiedlicher Relevanz hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens sowie der zu erwartenden Umweltauswirkungen. Entsprechend werden für den weiteren Umgang mit den Wirkfaktoren die drei folgenden Gruppen unterschieden:

1. *Projektspezifische Wirkfaktoren (häufig)*, die in zahlreichen Projekten des NaPro auftreten und für die einzelnen Projekte des NaPro soweit möglich in ihrer Bandbreite beschrieben werden:
 - Flächeninanspruchnahme
 - Luftschadstoffe
 - Lärm und Erschütterungen
 - Direktstrahlung
 - Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)
 - Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)
 - Störfälle

Für diese Wirkfaktoren werden im Kapitel 4.1 übergeordnete Betrachtungen zu den damit verbundenen Umweltauswirkungen vorgenommen sowie der Bewertungsrahmen dargestellt. Damit wird die Grundlage für die projektspezifischen Ausführungen in Kapitel 5 geschaffen, die sich somit auf die Quantifizierung der Umweltauswirkungen und deren Bewertung in dem jeweiligen projektspezifischen Kontext fokussieren können.

2. *Projektspezifische Wirkfaktoren (speziell)*, die nur in einzelnen Projekten des NaPro auftreten:
 - Raumwirkung
 - Medieneintrag, Blow Out und hydraulischer Kurzschluss
 - radioaktive Betriebsabfälle

- Emission von radioaktiven Stoffen oder anderen Schadstoffen aus Endlagern in der Nachverschlussphase
- Wärmeeintrag in den Untergrund
- Setzungen der Tagesoberfläche

Für diese Wirkfaktoren erfolgen keine übergeordneten Betrachtungen, da sie nur in speziellen Projekten auftreten. Die Beschreibung und Bewertung der daraus resultierenden Umweltauswirkungen erfolgt im Kapitel 5 in dem jeweiligen Projektkontext.

3. *Unspezifische Wirkfaktoren*, die für die Projekte des NaPro aufgrund derzeit fehlender Vorhabenpläne nicht projektspezifisch darstellbar sind, unterteilt in unspezifische Wirkfaktoren von *relevanter Bedeutung für eine SUP* und unspezifische Wirkfaktoren von *untergeordneter Bedeutung*:

Unspezifische Wirkfaktoren von *relevanter Bedeutung für die SUP*:

- Grundwasserabsenkung
- Konventionelles Abwasser

Unspezifische Wirkfaktoren von *untergeordneter Bedeutung für die SUP*:

- Wassergefährdende Stoffe
- Konventionelle Abfälle
- Regenwasser auf Verkehrs- und Dachflächen
- Sanitärabwasser
- Lichtemissionen
- Radonemissionen

Diese Wirkfaktoren werden im Kapitel 4.2 abschließend behandelt und im Weiteren nicht mehr projektspezifisch berücksichtigt.

4.1. Häufige projektspezifische Wirkfaktoren

4.1.1. Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahmen, insbesondere durch Versiegelung entstehen durch die Errichtung von Gebäuden, Verkehrs- und Lagerflächen sowie durch Lagerung von Stoffen und Material (z. B. Baustoffe, Baumaterialien, Abraum) auf Bodenflächen.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahmen führen zum Verlust der Puffer- und Reinigungsfunktion des Bodens. Durch die Versiegelung des Bodens wird der Austausch von Medien (Luft, Wasser, Nährstoffe, Zersetzungsprodukte) mit der Umgebung unterbunden, sodass im Boden die Zersetzung von biologischer Substanz zu pflanzenverfügbaren Nährstoffen sowie die Pufferung und der Abbau von Schadstoffen weitgehend reduziert werden. Die Flächeninanspruchnahme führt zudem zum Verlust der Lebensraumfunktion des Bodens für Pflanzen (z. B. Pilze) und Tiere (z. B.

Regenwürmer), die im Boden leben und die durch die Bioturbation (Durchmischung durch Organismen) die Medienversorgung des Bodens insbesondere mit Luft gewährleisten.

Eine Versiegelung von Oberflächengewässern oder Teilen von Oberflächengewässern führt zum Verlust des Gewässers bzw. Gewässerteiles einschließlich seiner Funktion im Naturhaushalt.

Im Hinblick auf das Schutzgut „Tiere und Pflanzen“ führt eine Flächeninanspruchnahme des Bodens zudem zum Verlust der Lebensräume (z. B. Laubwald, Wiese) einschließlich ihrer Lebensgemeinschaften, die zuvor auf dem Boden bestanden. Dabei können zudem geschützte Arten nach Bundesartenschutzverordnung oder ihre Brutstätten betroffen sein.

Sofern eine Flächeninanspruchnahme in einem Schutzgebiet erfolgt (Naturschutzgebiet, FFH-Gebiet, Vogelschutzgebiet) geht ein Teil von Lebensräumen im betroffenen Schutzgebiet verloren, die aufgrund ihrer Bedeutung und/oder Seltenheit unter besonderen gesetzlichen Schutz gestellt sind.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahmen sind erhebliche Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft im Sinne des § 13 BNatSchG /BNatSchG 2013/. Damit sind Flächeninanspruchnahmen grundsätzlich als erhebliche Umweltauswirkungen zu bewerten, die nach Maßgabe des BNatSchG zu vermeiden sind.

Erhebliche Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft sind nach § 13 BNatSchG, soweit sie nicht vermeidbar sind, durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, oder soweit dies nicht möglich ist, durch Ersatz in Geld zu kompensieren. Das Verfahren zu den Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen oder der Kompensation erfolgt nach Vorgaben des Bundeslandes, in dem der Eingriff erfolgt. Die Festlegung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen erfolgt auf Basis einer Bestandsaufnahme zu den betroffenen Schutzgütern. Die Flächenverluste werden entsprechend ihrer Wertigkeit durch Entsiegelung oder Aufwertung anderer Flächen oder durch Geld kompensiert. Bei Versiegelungen von Gewässern bieten sich als Ausgleich die Neuanlage von Gewässern oder Maßnahmen der Gewässerrenaturierung an. Somit besteht für Projekte mit Flächeninanspruchnahme trotz der erheblichen Umweltauswirkung ein Weg zur Realisierung.

Sofern jedoch darüber hinaus durch Flächeninanspruchnahme besonders geschützte Arten oder ihre Fortpflanzungs- oder Ruhestätten gemäß § 44 BNatSchG betroffen sind, ist der Eingriff nicht zulässig. Der Eingriff ist nur dann durchführbar, wenn die Ausnahmenvoraussetzungen des § 45 Abs. 7 BNatSchG erfüllt sind. Dazu ist nachzuweisen, dass zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses, einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art, vorliegen. Eine Ausnahme vom Verbot des Eingriffs ist nur zulässig, wenn zumutbare Alternativen nicht gegeben sind und sich der Erhaltungszustand der Populationen einer Art nicht verschlechtert (§ 45 Abs. 7 BNatSchG). Das Verfahren zur Prüfung der Ausnahmenvoraussetzungen des § 45 Abs. 7 BNatSchG ist im Landesrecht näher festgelegt.

Weitere Maßgaben bei der Realisierung von Flächeninanspruchnahme bestehen dann, wenn diese in einem Natura 2000-Gebiet erfolgen sollen oder wenn durch Versiegelung im unmittelbaren Umfeld eines Natura 2000-Gebietes dieses Gebiet selbst beeinträchtigt werden könnte. In einem solchen Fall ist die Verträglichkeit des Vorhabens mit den Erhaltungszielen des betroffenen Natura 2000-Gebietes (FFH-Gebiet) nach § 34 BNatSchG zu überprüfen.

4.1.2. Luftschadstoffe

Bei den Projekten des NaPro werden Luftschadstoffe vor allem durch die Verbrennungsmotoren von Geräten, Maschinen und Transportfahrzeugen sowie den Betrieb von Heizungsanlagen emittiert. Darüber hinaus sind Staubverwehungen von Baustellen und Halden möglich.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe

Durch den Einsatz von Geräten, Maschinen und Fahrzeugen auf Baustellen, beim Betrieb von Anlagen sowie durch die Fahrten von Transportfahrzeugen werden insbesondere Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide emittiert. Gleiches gilt für den Betrieb von Heizungsanlagen. Schadstoffimmissionen können zu erheblichen negativen Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen in der Nachbarschaft von Standorten und entlang der Transportrouten führen, da sie auf Menschen gesundheitsschädlich wirken und Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen können. Darüber hinaus kann es durch Staubemissionen zur Herabsetzung der Erholungsfunktion von Standorten kommen. Salzstaubemissionen von Abraumhalden oder Salztransporten können die Lebensfunktion von Böden beeinträchtigen und so langfristig zur Veränderung des Artenspektrums der betroffenen Flora führen. Im Falle einer Endlagerung im Granitgestein ist nicht generell auszuschließen, dass der zu Tage geförderte Granit Asbest enthält. Würde nicht verhindert, dass es zu Verwehungen asbesthaltiger Stoffe kommt, könnte dies zu Gesundheitsschäden bei Menschen und Tieren führen.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe

In einer SUP sind Vorsorgeaspekte zu berücksichtigen. Zur Bewertung werden die möglichen Umweltauswirkungen der Projekte des NaPro mit Bewertungsergebnissen der Umweltverträglichkeitsprüfungen für verschiedene Zwischenlager verglichen, bei denen Vorsorgeaspekte berücksichtigt wurden. Daraus ergeben sich Abstände zwischen Projektstandort und Schutzgütern, bei deren Überschreitung keine relevanten Auswirkungen auf die Schutzgüter zu erwarten. Unterhalb dieser Abstände können keine generellen Aussagen mehr getroffen werden. In diesen Fällen muss die Bewertung im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über den Standort und die Umgebung erfolgen.

Bei der Bewertung ist zwischen den Standorten/Baustellen und den Transportrouten zu unterscheiden.

An den Standorten und auf den Baustellen werden in den unterschiedlichen Phasen verschiedene Fahrzeuge, Maschinen und Geräte eingesetzt, die Luftschadstoffe emittieren, z. B. Hydraulikbagger, LKW, Bohrgeräte, Betonpumpen, Turmdrehkrane, Abbruchhämmer, Rammgeräte, Bohrhämmer, Autokrane und Radlader. Einige dieser Fahrzeuge, Maschinen und Geräte werden im Dauerbetrieb eingesetzt, z. B. Hydraulikbagger, LKW, Betonpumpen, Turmdrehkrane. Die übrigen, z.B. Abbruchhämmer, Rammgeräte, Bohrhämmer, werden nur kurzzeitig betrieben. Die höchsten Luftschadstoffemissionen sind

- bei der Errichtung, beim Betrieb und bei der Einstellung des Betriebs der Erkundungsbergwerke,
- beim Bau des Eingangslagers und des Endlagers sowie
- beim Bau oder bei der Erweiterung von Zwischenlagern

zu erwarten, beispielsweise durch die Emissionen der Motoren von Maschinen, Geräten und Fahrzeugen, durch Staubaufwirbelungen und -verwehungen sowie durch Abwehungen von Halden.

Als Minimierungsmöglichkeiten für diese Luftschadstoffemissionen können z. B. der Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und die Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen genutzt werden.

Bei den Umweltverträglichkeitsprüfungen für verschiedene Zwischenlager hat sich gezeigt, dass sich auch unter Berücksichtigung von Vorsorgeaspekten in Abständen ab einem Kilometer zur Baustelle keine relevanten Auswirkungen durch die Zusatzbelastung auf Menschen und Schutzgebiete ergeben, wenn Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Nutzungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.

Ist der Abstand geringer, können mögliche Auswirkungen nur im Einzelfall geprüft und bewertet werden, da dann beispielsweise auch die Windgeschwindigkeiten und Hauptwindrichtungen eine Rolle spielen.

Werden Abraumhalden (z. B. Salzgesteinsalden) abgedeckt oder feucht gehalten, um Verwehungen zu minimieren, kann davon ausgegangen werden, dass in Abständen > 1 km keine relevanten Auswirkungen bestehen. Bei Salzgesteinsalden sollte das Abdecken bevorzugt werden, damit möglichst geringe Salzmengen in Grund- und Oberflächengewässer gelangen.

Die Emissionen der Heizungsanlagen während des Betriebs von Zwischenlagern, Abfalllagern etc. verursachen keine relevanten Auswirkungen auf die Schutzgüter.

Hinsichtlich der Transportrouten hat sich bei den Umweltverträglichkeitsprüfungen für verschiedene Zwischenlager ergeben, dass sich das höchste LKW-Aufkommen beim Betonieren der Bodenplatten ergibt. Es können je nach Größe durchaus 200 bis 300 LKW An- und Abfahrten pro Tag stattfinden. Mit etwas geringerem Aufkommen ist beim Abtransport des Bodenaushubs und beim Antransport von Material zur Bodenverbesserung zu rechnen.

Zur Minimierung der Luftschadstoffbelastung in Ortschaften sollten diese bei hohen Transportaufkommen grundsätzlich umfahren werden.

Entlang von Transportrouten außerhalb von Ortschaften sollten die Zusatzbelastungen aufgrund des besseren Luftaustauschs zu keinen relevanten Auswirkungen auf Menschen führen. Da es keine Hinweise dafür gibt, dass Tiere empfindlicher auf Luftschadstoffe reagieren als Menschen, sollte es auch für sie zu keinen relevanten Auswirkungen kommen. Relevante Versauerungen oder Eutrophierungen durch Einträge von Schwefeldioxid oder Stickoxiden sollten durch die Zusatzbelastungen nicht auftreten, so dass relevante Auswirkungen auf Pflanzen nicht zu erwarten sind.

Für die Schutzgüter Mensch, Tiere und Pflanzen kann es aber möglicherweise zu relevanten Auswirkungen kommen, wenn besonders enge Täler durchfahren werden. Dies kann aber nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen beispielsweise über die Örtlichkeiten und die meteorologischen Verhältnisse etc. geprüft und bewertet werden.

4.1.3. Lärm und Erschütterungen

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Lärm und Erschütterungen

Durch den Einsatz von Geräten, Maschinen und Fahrzeugen auf Baustellen, beim Betrieb von Anlagen und beim Erkunden sowie durch die Fahrten von Transportfahrzeugen wird Lärm verursacht. Lärmemissionen werden insbesondere bei folgenden Projekten des NaPro hervorgerufen:

- Endlagererkundungen,
- Einstellung des Betriebs von Erkundungsbergwerken,
- Bau des Endlagers und
- Bau von Gebäuden, wie Eingangs- oder Zwischenlagern.

Lärm betrifft Menschen im Wachen und Schlafen. Durch Lärm entsteht Stress und ein erhöhtes Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Ruhe und ungestörte Nachtruhe sind von hoher gesundheitlicher Bedeutung. Empfindliche Tierarten reagieren auf Lärm ebenfalls durch Stress und sie können durch Lärm in ihrer Kommunikation beeinträchtigt werden. Vögel spielen hinsichtlich der Auswirkungen auf Lärm als Tiergruppe eine besondere Rolle, da sie akustisch kommunizieren und Lärm sich bei vielen Arten negativ auf Bruterfolge, Nahrungsaufnahme, Schutz vor Prädatoren, Rast und Fluchtverhalten auswirken /Garniel et al. 2007//Reijen et al 1995/. Die tagaktive Lebensweise der Vögel und ihr Lebensraum oberhalb 1 m Höhe bewirken, dass sie als Tiergruppe Lärm besonders ausgesetzt sind. Zugvögel reagieren intensiv auf Lärm, da sie außerhalb Deutschlands bejagt werden und akustisch verbrämt werden. Darüber hinaus sind Vögel als artenreiche Tiergruppe in allen Lebensräumen mit mehreren Spezies vertreten und zahlreiche Arten dieser Tiergruppe sind nach Bundesartenschutzverordnung streng geschützt.

Erschütterungen werden insbesondere durch Rammarbeiten, beispielsweise beim Straßenbau oder bei der Verbesserung des Baugrundes für die Errichtung von Gebäuden (z.B. Eingangslager, Zwischenlager), und durch Sprengungen bei untertägigen Erkundungen sowie bei der Errichtung des Endlagers verursacht. Sie können sich auf empfindliche Tierarten, auf Brutvögel, auf rastende Zugvögel sowie auf Fledermäuse in ihren Quartieren nachteilig auswirken. Außerdem können sie Gebäudeschäden verursachen.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Lärm und Erschütterungen

Für eine allgemeine Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Menschen werden die Immissionsricht- bzw. -grenzwerte der TA Lärm /TA Lärm/, der AVV-Baulärm /AVV-Baulärm/ oder der 16. BImSchV /16. BImSchV/ herangezogen. Die Immissionsrichtwerte der TA Lärm betragen beispielsweise:

- für Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete 60 dB(A) tags und 45 dB(A) nachts,
- für allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete 55 dB(A) tags und 40 dB(A) nachts,
- für reine Wohngebiete 50 dB(A) tags und 35 dB(A) nachts sowie
- für Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten 45 dB(A) tags und 35 dB(A) nachts.

Die o.g. Vorschriften bzw. Werte sind jedoch nicht auf den auf Menschen einwirkenden Gesamtlärm sondern nur auf bestimmte Lärmquellen ausgerichtet: TA Lärm auf den Lärm von industriellen und gewerblichen Anlagen, AVV Baulärm auf den Lärm von Baustellen, 16. BImSchV auf den Lärm von neu zu genehmigenden Straßen und Schienenwegen. Nach Angaben des

Interdisziplinären Arbeitskreises für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt ist ein ausreichender Schutz vor Straßenlärm erst bei einem Tagwert von ≤ 35 dB(A) gegeben /BMU 1998/. Vorsorgewerte können durch die unten genannten Abstände berücksichtigt werden.

Zur Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Vögel müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Lärmquelle sehr unterschiedlich sind. Für Vögel wird daher in der SUP des NaPro kein Vorsorgewert angesetzt. Die Betrachtung der Umweltauswirkungen auf Vögel erfolgt quantitativ in Umweltverträglichkeitsprüfungen im Rahmen der Zulassungsverfahren für Projekte des NaPro.

Bei einer Bewertung von Lärm ist zwischen den Standorten/Baustellen und den Transportrouten zu unterscheiden. Erfahrungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung von Zwischenlagern für radioaktive Abfälle zeigen, dass während der lautesten Bauphasen (z. B: Bodenaustausch, Bodenverdichtung, Großbetonagen) nach bestimmten Abständen folgende Beurteilungs-/Mittelungspegel auftreten können:

- < 40 dB(A) ab einem Abstand von ca. 1,5 km,
- < 45 dB(A) ab einem Abstand von ca. 950 m,
- < 50 dB(A) ab einem Abstand von ca. 550 m.

Als Lärminderungsmaßnahmen an Baustellen kommen grundsätzlich in Betracht:

- Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor,
- Einsatz von lärmarmen Maschinen und Geräten entsprechend RAL-UZ 53 /RAL-UZ 53/,
- Aufstellen von Lärmschutzwänden und Schallschutzzelten,
- Aufschütten von Lärmschutzwällen,
- Einsatz von Schallschirmen und –schürzen,
- Kapselung von Baumaschinen,
- Anwendung von Alternativen zum Rammen, z. B. Einvibrieren, Bohren und Vibrieren, Einpressen.

Im Hinblick auf lärmempfindliche Tiere (z. B. Vögel) sind oben genannte Maßnahmen der Minimierung ebenfalls wirksam. Zum Schutz von Brutvögeln können lärmintensive Tätigkeiten zudem außerhalb der Brutzeiten erfolgen oder vor dem Nestbau aufgenommen werden, um empfindlichen Arten ein Ausweichen vor der Brutzeit zu ermöglichen.

Für Transportrouten zeigen Erfahrungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung von Zwischenlagern für radioaktive Abfälle, dass bei 200 – 300 LKW-An- und Abfahrten pro Tag folgende Beurteilungs-/Mittelungspegel in nachfolgend angegebenen Abständen zum Straßenrand auftreten können:

- > 60 dB(A) bis zu einem Abstand von ca. 10 m,
- > 55 dB(A) bis zu einem Abstand von ca. 30 m,
- > 50 dB(A) bis zu einem Abstand von ca. 60 m,
- > 45 dB(A) bis zu einem Abstand von ca. 100 m.

Eine Minimierung der Lärmbelastung kann erreicht werden, wenn Transporte nicht durch Ortschaften oder entlang bewohnter Gebiete oder empfindlicher Nutzungen (z. B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt werden.

Für Vögel stellen die ersten 100 m vom Straßenrand einen Bereich mit drastisch reduzierter Lebensraumeignung (signifikant reduzierten Reproduktionserfolg) dar /Garniel et al. 2007/. Für lärmempfindliche Vogelarten kann der Bereich mit deutlich reduzierter Lebensraumeignung auch bis zu 500 m betragen /Garniel et al. 2007/. Zur Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Vögel entlang von Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße artspezifisch sehr unterschiedlich sind. Daher erfolgt im Rahmen der SUP des NaPro keine quantitative Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Vögel entlang von Transportrouten.

Zur Minimierung von Transportlärm kommen grundsätzlich folgende Maßnahmen in Betracht:

- Verlegung von Transporten auf die Schiene,
- Einhalten ausreichender Abstände zu Wohnbebauungen und Schutzgebieten,
- Weiträumiges Umfahren von Brutgebieten geschützter oder lärmempfindlicher Vogelarten und von Gebieten mit hohem Rast- und Zugvogelvorkommen,
- Bau neuer Straßen mit sog. Flüsterasphalt,
- falls vorhanden, Nutzung von Straßen mit sog. Flüsterasphalt,
- Einführung von Geschwindigkeitsbegrenzungen,
- Aufziehen lärmarmen Reifen auf die Transportfahrzeuge.

Die Ausbreitung von Erschütterungen ist von der Art des Bodens, des Untergrundes, von Grundwasserleitern etc. abhängig. Sie kann daher auf kleinstem Raum stark variieren. Für eine Prognose ist die genaue Kenntnis des Untergrundes erforderlich.

Soweit Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden einwirken, sind die Anforderungen in DIN 4150 Teil 2 "Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" /DIN 4150-2/ sowie in den LAI-Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungseinwirkungen /LAI 2000/ konkretisiert. Bei Einhaltung der dort niedergelegten Anforderungen und Anhaltswerte sollten relevante Auswirkungen auf Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen in der Regel nicht auftreten.

Erfahrungen aus Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager für radioaktive Abfälle zeigten, dass Erschütterungen (beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen) nicht über das Anlagengelände hinaus wirken. Relevante Auswirkungen auf Menschen sind daher beim Bau von Gebäuden nicht zu erwarten.

Über die Auswirkungen von Erschütterungen auf Tiere liegen so gut wie keine genauen Erkenntnisse vor. Lediglich über Fledermäuse ist bekannt, dass Erschütterungen, die durch Baumaßnahmen, z.B. Rammen, und Sprengungen etc. hervorgerufen werden, direkte und indirekte Auswirkungen haben können. Sie können in den Quartieren und dabei vor allem in den Winterquartieren relevant werden. Problematisch sind insbesondere Erschütterungen, die zu

Störungen und Erwachen während der Winterruhe führen. Erschütterungen können auch durch den Einsturz von Höhlenbereichen, Stollen und Spalten etc. oder zum Verschütten von Ein- bzw. Ausgängen und damit zu partiellem oder völligem Habitatverlust und ggf. zu hohen Individuenverlusten führen /BfN 2015/.

Eine Prüfung und Bewertung ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über die Lage und Art ggf. vorhandener Fledermausquartiere möglich.

4.1.4. Direktstrahlung

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung

Beim Wirkfaktor Direktstrahlung wird die außerhalb der geplanten Anlagen während des regulären Betriebs auf Menschen und Umwelt einwirkende Strahlung, die aus der Radioaktivität der Abfälle resultiert, berücksichtigt. Hierbei sind Gamma- und Neutronenstrahlung zu betrachten. In Lebewesen kann Gamma- und Neutronenstrahlung biologische Wirkungen verursachen. Eine untere Schwelle für die schädliche Wirkung dieser Strahlung kann aus wissenschaftlicher Sicht nicht angegeben werden. Für Strahlenschutz Zwecke ist daher die Annahme üblich, dass keine Wirkungsschwelle besteht und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Schadens linear von der Höhe der Dosis abhängt.

Wirkungen durch Direktstrahlung sind auf Menschen sowie auf Tiere und Pflanzen möglich. Andere Schutzgüter sind durch diese abgedeckt, da bei einer ausreichend niedrigen Dosis zum Schutz des Menschen sowie von Tieren und Pflanzen keine nachteilige Beeinflussung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Luft oder Sachgütern möglich ist.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung

Für Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis gemäß § 46 Abs. 1 StrlSchV 1 mSv/a durch Strahlenexpositionen aus Tätigkeiten nach § 2 Abs. 1 Nr. 1 StrlSchV. Mit der Umsetzung der Euratom-Grundnormen /Euratom 2014/ wird der Begriff der Tätigkeiten weiter gefasst; der Dosisgrenzwert von 1 mSv/a wird aber beibehalten.

International ist es üblich, sogenannte De Minimis-Dosen deutlich unterhalb zugelassener Grenzwerte zu definieren, bei deren Unterschreitung keine weiteren Betrachtungen und Regulierungen erforderlich werden. Der StrlSchV sowie den Euratom-Grundnormen /Euratom 2014/ liegt in Zusammenhang mit der Freigabe von Stoffen eine effektive Dosis höchstens im Bereich von 10 µSv im Kalenderjahr als De Minimis-Dosis zugrunde.

Eine Reduzierung der Direktstrahlung kann durch Abschirmmaßnahmen erreicht werden, eine zusätzliche Reduzierung der Dosis durch Abstand oder durch zeitliche Einschränkung des Aufenthalts in der Nähe der Quelle.

Im Hinblick auf den Schutz von Tieren und Pflanzen sind als Maßstab zur Bewertung von Strahlenexpositionen die unteren Werte der DCRL (derived consideration reference level) nach ICRP 108 /ICRP 2008/ geeignet, die den Schutz von Populationen gewährleisten sollen. Die Anwendung dieser Werte wird in /SSK 2013/ empfohlen.

4.1.5. Emission radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Emission radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad

Aus kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen erfolgt in der Regel keine direkte Abgabe von kontaminiertem Abwasser, sondern anfallende Wässer werden zunächst gesammelt und analysiert. Nach Feststellung der Einhaltung festgelegter Ableitungswerte oder zulässiger Konzentrationen an Radionukliden kann eine Ableitung in Oberflächengewässer erfolgen. Durch die Nutzung entsprechender Oberflächenwasser ist eine Strahlenexposition von Menschen, Tieren und Pflanzen möglich. Andere Schutzgüter sind durch eine ausreichend niedrige Dosis zum Schutz des Menschen sowie von Tieren und Pflanzen abgedeckt, so dass dann keine nachteilige Beeinflussung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Luft oder Sachgütern gegeben ist.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen von Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad

Für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser gelten für Einzelpersonen der Bevölkerung die in § 47 StrlSchV genannten Grenzwerte, u. a. eine effektive Dosis von 0,3 mSv/a. Bei der Planung von Anlagen ist die Strahlenexposition für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen zu ermitteln.

Da auch bei Unterschreitung der Dosisgrenzwerte Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen nicht vollkommen ausgeschlossen werden können, ist eine Betrachtung auch unterhalb der Dosisgrenzwerte erforderlich (siehe Kapitel 4.1.5). Im Hinblick auf den Schutz von Tieren und Pflanzen besteht der gleiche Maßstab wie bei der Direktstrahlung (siehe Kapitel 4.1.4).

4.1.6. Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad

Sofern in einer Anlage oder Einrichtung mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird, können diese luftgetragen vorliegen und mit der Abluft in die Umgebung gelangen. In Bereichen mit höherer Raumlufaktivität können durch Absaugungen und Ablufführung über Filterstrecken die Ableitungen reduziert werden. In der Umgebung ist eine Strahlenexposition von Menschen, Tieren und Pflanzen möglich. Andere Schutzgüter sind durch diese abgedeckt, da bei einer zum Schutz des Menschen sowie von Tieren und Pflanzen ausreichend niedrigen Dosis keine nachteilige Beeinflussung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Luft oder Sachgütern möglich ist.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen von Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad

Für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft gelten für Einzelpersonen der Bevölkerung die in § 47 StrlSchV genannten Grenzwerte, u. a. eine effektive Dosis von 0,3 mSv/a. Bei der Planung von Anlagen ist die Strahlenexposition für eine Referenzperson an den ungünstigsten Einwirkungsstellen zu ermitteln. Auch hier gelten die gleichen Bewertungsmaßstäbe wie für Emissionen über den Wasserpfad (siehe Kapitel 4.1.4).

4.1.7. Störfälle

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Störfälle

Beim Umgang mit radioaktiven Stoffen können störfallbedingte Freisetzungen durch Einwirkungen von innen (z. B. Gebindeabsturz, Absturz von Lasten, Brand, Leckagen), durch naturbedingte Einwirkungen von außen (z. B. Erdbeben, Hochwasser) und durch zivilisatorisch bedingte Einwirkungen von außen (z. B. Flugzeugabsturz, Gaswolkenexplosion) nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Im Rahmen der Zulassungsverfahren für Anlagen und Einrichtungen, in denen radioaktive Stoffe gehandhabt werden, werden Störfallanalysen durchgeführt. Teilweise können Störfälle durch entsprechende Auslegung ausgeschlossen werden. Darüber hinaus kann gegebenenfalls die weitere Untersuchung von Störfällen deshalb unterbleiben, weil sie zu keinen Freisetzungen radioaktiver Stoffe führen können. Für Störfälle, die zu Freisetzungen radioaktiver Stoffe führen können, werden die maximal möglichen Freisetzungen abgeschätzt. Auf dieser Basis werden die radiologischen Folgen von Freisetzungen über den Luftpfad anhand des Kapitels 4 der Störfallberechnungsgrundlagen /SSK 2003/ ermittelt. Kontaminiertes Wasser soll bei Störfällen rückhaltbar sein, ansonsten wären in der Störfallanalyse auch Ermittlungen dessen radiologischer Folgen vorzunehmen.

Der relative Anteil freigesetzter radioaktiver Stoffe des Inventars hängt von der Stärke der mechanischen und/oder thermischen Einwirkung sowie von der Flüchtigkeit der Radionuklide ab. Reduzierend auf mögliche störfallbedingte Freisetzungen von Radionukliden wirkt sich insbesondere die Konditionierung von Abfällen, z. B. durch Einbindung in einer Betonmatrix, sowie deren Verpackung aus. Insbesondere bei hoch radioaktiven Abfällen (z. B. bestrahlte Brennelemente, Glaskokillen mit Abfällen aus der Wiederaufarbeitung von Brennelementen) wird durch die Widerstandsfähigkeit der Transport- und Lagerbehälter gegen mechanische und thermische Einwirkungen (z. B. Sturz eines Behälters auf ein festes Hindernis, Brand) die störfallbedingte Freisetzbarkeit von radioaktiven Stoffen unterbunden.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Störfälle

Als Störfallplanungswert für die effektive Dosis sind durch § 49 StrlSchV 50 mSv festgelegt. Der Wert bezieht sich auf die Summe der Expositionen im Folgezeitraum nach Störfalleintritt bis zum 70. Lebensjahr der Referenzpersonen (Folgedosis). Die Störfallplanungswerte nach § 49 StrlSchV sind auch auf Standortzwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Endlager anzuwenden. Nach § 50 StrlSchV werden Störfallplanungswerte für solche Entsorgungsanlagen und Tätigkeiten im Einzelfall festgelegt, die einer Genehmigung nach § 7 Abs. 1 AtG oder § 6 AtG bedürfen, sowie auf Tätigkeiten, die einer Genehmigung nach § 9 AtG oder § 7 StrlSchV bedürfen, bei Tätigkeiten nach § 7 StrlSchV nur soweit bestimmte Freigrenzen überschritten sind. Durch eine Übergangsvorschrift (§ 117 Abs. 16 StrlSchV) sind bis zum Inkrafttreten detaillierterer Regelungen als Störfallplanungswert auch in diesen Fällen 50 mSv effektive Dosis (Folgedosis) anzuwenden.

Da auch bei Unterschreitung der Störfallplanungswerte Gesundheitsschäden bei Menschen und Umweltauswirkungen nicht ausgeschlossen sind, sollen zur Berücksichtigung des vorsorgeorientierten Ansatzes dieser SUP Bewertungen auch dann vorgenommen, wenn der Störfallplanungswert unterschritten ist.

4.2. Unspezifische Wirkfaktoren

In diesem Kapitel werden Wirkfaktoren betrachtet, die aufgrund derzeit fehlender konkreter Vorhabenplanungen nicht projektspezifisch darstellbar sind. Es wird unterschieden in:

- unspezifische Wirkfaktoren von relevanter Bedeutung für die SUP und
- unspezifische Wirkfaktoren von untergeordneter Bedeutung für die SUP.

Unspezifische Wirkfaktoren von relevanter Bedeutung für die SUP

In diesem Kapitel werden Wirkfaktoren betrachtet,

- die aufgrund fehlender Vorhabenplanungen in den Maßnahmen und Projekten der SUP des NaPro nicht quantifizierbar,
- die jedoch als unspezifische Wirkfaktoren von relevanter Bedeutung für diese SUP sein können.

Die unspezifischen Wirkfaktoren von relevanter Bedeutung für diese SUP werden hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen und deren Bewertung an dieser Stelle dargestellt. Die in diesem Kapitel betrachteten Wirkfaktoren werden bei der Betrachtung der Wirkfaktoren einzelner Maßnahmen des NaPro soweit möglich beschrieben, jedoch dort nicht weiter hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen betrachtet und bewertet. Eine projektspezifische Betrachtung von Umweltauswirkungen der in diesem Kapitel bewerteten Wirkfaktoren erfolgt in konkreten Zulassungsverfahren für einzelne Maßnahmen und Projekte des NaPro anhand der dann vorliegenden Unterlagen zur Beschreibung der Vorhaben.

Grundwasserabsenkung

Grundwasserabsenkungen erfolgen bei **baulichen** oder **bergbaulichen** Maßnahmen (Baugrube, Abteufung von Schächten) in grundwasserführenden Bodenhorizonten oder geologischen Schichten. Zur Trockenlegung wird das Grundwasser abgepumpt und anschließend in ein Gewässer oder eine Regenwasserkanalisation eingeleitet oder vor Ort im Boden versickert. Grundwasserabsenkungen bei **baulichen** Maßnahmen erfolgen in der Regel vorübergehend über einen Zeitraum von nicht mehr als einem halben Jahr. Grundwasserabsenkungen von **bergbaulichen** Maßnahmen erfolgen beim Abteufen von Schächten vorübergehend über einige Monate bis Abdichtungsarbeiten der Schächte von innen abgeschlossen sind.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung

Grundwasserabsenkungen können sich auf die Schutzgüter Grundwasser, Boden, Pflanzen, Tiere, Biodiversität, Oberflächengewässer und Sachgüter auswirken. Die Auswirkungen sind neben der Sensibilität der vorkommenden Schutzgüter abhängig von der Reichweite (Fläche und Tiefe des Absenktrichters), der Schüttung, der Dauer der Grundwasserabsenkung und der sonstigen Wasserversorgung der betroffenen Flächen.

Für das Schutzgut Wasser kann es durch Grundwasserabsenkung zur Verschlechterung des mengenmäßigen und chemischen Zustands kommen. Dadurch kann die Funktions- und Leistungsfähigkeit des Grundwassers als Bestandteil des Naturhaushalts und Lebensraum beeinträchtigt werden. Oberflächengewässer können durch Grundwasserabsenkungen in ihrem Wasserstand abgesenkt werden. Dies kann zur Beeinträchtigung von Uferbereichen mit ihrer jeweils charakteristischen Flora und Fauna führen.

Eine Veränderung des Grundwasserhaushalts kann die Bodenfunktionen (z. B. als Lebensraum, Filter und Puffer etc.) beeinträchtigen.

Grundwasserabsenkungen können sich auf die Wasserverfügbarkeit für Pflanzen auswirken (Dürreschäden, Absterben) und damit auch den Lebensraum für Tiere beeinträchtigen. Gravierend wäre eine Betroffenheit von geschützten Tier- und Pflanzenarten nach BNatSchG, BArtSchV oder EU-Recht und deren Lebensräumen bzw. besonders geschützten Biotopen und Schutzgebieten mit grundwassersensiblen Lebensraumtypen.

Im Hinblick auf Sachgüter können Grundwasserabsenkungen land- und forstwirtschaftliche Erträge mindern und Setzrisse an Gebäuden, Straßen und Kanalrohren verursachen.

Die Ableitung von gefördertem Grundwasser in ein Oberflächengewässer kann sich auf die Qualität des Oberflächengewässers auswirken, wenn das einzuleitende Wasser z. B. durch Schwebstoffe nicht der Gewässergüte des Oberflächengewässers entspricht.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch Grundwasserabsenkung

Folgende rechtliche und technische Normen, sind für die Bewertung der Wirkung von Grundwasserabsenkungen maßgebend:

Gemäß § 6 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) /WHG 2014/ sind Gewässer nachhaltig mit dem Ziel zu bewirtschaften, dass ihre Funktions- und Leistungsfähigkeit als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen erhalten bleibt und verbessert wird. Beeinträchtigungen von Landökosystemen und Feuchtgebieten sind zu vermeiden und unvermeidbare, nicht nur geringfügige Beeinträchtigungen so weit wie möglich auszugleichen. Gemäß § 9 WHG sind das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser Benutzungen eines Gewässers. Diese bedürfen nach § 8 WHG der Erlaubnis oder Bewilligung. Die Erlaubnis ist nach § 12 WHG zu versagen, wenn schädliche, nicht vermeidbare oder nicht ausgleichbare Gewässerveränderungen zu erwarten sind oder wenn andere Anforderungen nach öffentlich-rechtlichen Vorschriften (z. B. Naturschutzrecht) nicht erfüllt werden. Ausnahmen von der Bewilligung oder Erlaubnis bestehen nach § 46 WHG u. a. für das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten oder Ableiten von Grundwasser in geringen Mengen zu einem vorübergehenden Zweck. Im Landesrecht wird dies präzisiert: So bestehen beispielsweise im Hessischen Wassergesetz /HWG 2010/ (§ 29) Ausnahmen von der Zulassungserfordernis bei Grundwasserentnahmen, wenn die entwässerte Fläche 1.000 m² nicht überschreitet oder die Entnahmemenge 3600 m³ pro Jahr nicht übersteigt.

Über das Bewilligungs- und Erlaubniserfordernis des WHG und der damit verbundenen Berücksichtigung öffentlich-rechtlicher Vorschriften sind die gesetzlichen Grundlagen zur Berücksichtigung der Schutzgüter Boden, Pflanzen, Tiere, Biodiversität sowie Sachgüter verankert. Dies beinhaltet

- die Vorsorgepflicht nach § 7 Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) gegen schädliche Bodenveränderungen,
- die Anforderungen des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) /BNatSchG 2013/ zur Vermeidung und zum Ausgleich erheblicher Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft im Sinne des § 13 BNatSchG,
- die Verursacherpflichten nach § 15 BNatSchG zur Unterlassung vermeidbarer Eingriffe und zum Ausgleich und Kompensation nicht vermeidbarer Eingriffe,

- die Vorschriften nach § 44 BNatSchG für besonders geschützte Tier- und Pflanzenarten einschließlich der Ausnahmevoraussetzungen nach § 45 BNatSchG und
- das Erfordernis des Nachweises der FFH-Verträglichkeit bei Betroffenheit von Natura 2000-Gebieten durch Grundwasserabsenkung.

Im konkreten Fall der Bewertung einer Grundwasserabsenkung sind vor dem Hintergrund der Gegebenheiten (geförderten Wassermenge, Ausmaß des Absenktrichters, Dauer des Eingriffs) die qualitative und quantitative Betroffenheit der Schutzgüter unter Anwendung o.g. Rechtsnormen zu bewerten.

Bei **baulichen** Grundwasserabsenkungen bestehen Vermeidungs- und Minimierungsmöglichkeiten u.a. darin, dass Maßnahmen soweit wie möglich zeitlich begrenzt werden. Außerdem können Entnahmemengen und Reichweite der Absenkung durch Kombinationen verschiedener Absenktechniken minimiert oder gar vermieden werden (z. B. geschlossener Spundwandkasten).

Bergbauliche Grundwasserabsenkungen, die durch das Abteufen von Schächten entstehen, können durch Gefrier- und Injektionsverfahren vermieden oder weitgehend minimiert werden. Beim Gefrierverfahren wird um den abzuteufenden Schachtbereich über Bohrungen ein geschlossenes Rohrleitungssystem für ein Kältemittel eingebracht. Das Grundwasser im abzuteufenden Bereich wird solange gefroren, bis der Schacht erstellt und im inneren durch zementartige Substanzen abgedichtet ist. Beim Injektionsverfahren werden zementartige Stoffe in das Gestein um den Schacht über Bohrungen injiziert. Der Bereich um den Schacht ist nach Abbinden der Injektionsstoffe im Gestein wasserdicht /Sres 2009/, /DMT 2014/.

Abschließende Bewertung

Grundwasserabsenkungen sind potenziell relevante Umweltauswirkungen, die im Genehmigungsverfahren des jeweiligen Vorhabens zu prüfen und zu minimieren sind. Die Einleitung geförderten Grundwassers erfolgt als konventionelles Abwasser.

Konventionelles Abwasser

In verschiedenen Projekten des NaPro fällt Abwasser an, das über einen Vorfluter in ein Fließgewässer eingeleitet wird. Bei **Bauvorhaben** fällt Abwasser bei vorübergehenden Grundwasserabsenkungen an. Im **Bergbau** fällt Abwasser bei Grundwasserabsenkungen z. B. zum Abteufen von Schächten an. Weiterhin fällt im Bergbau Drainagewasser an. Drainagewasser dringt in durchteuften Schichten, die wasserführend sind, in ein Bergwerk ein, da eine Abdichtung von untertägigen Hohlräumen nie vollständig dicht erfolgen kann und durch Alterung allmählich ihre Wirkung verliert. Abdichtungsmaßnahmen müssen im Bergwerk stetig kontrolliert und ggf. verbessert werden.

Während des **Betriebs von Anlagen und Bergwerken** fällt bei Reinigungsprozessen, der Konditionierung von radioaktiven Abfällen, der Entwässerung von Halden sowie bei der untertägigen Drainage (Drainagewasser) Abwasser an, das gesammelt und nach Klärung über einen Vorfluter in ein Fließgewässer eingeleitet wird.

Aus dem Plan zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben /BfS 2009a/ kann man hinsichtlich der über den Wasserpfad abgeführten Art und Menge von Abwässern folgende Informationen entnehmen: Schachtwässer werden in den Schächten gefasst, nach über Tage gepumpt und über den Salzbach (Bartensleben) bzw. über die kommunale Regenwasserkanalisation (Marie) in die Aller geleitet. Im Schacht Bartensleben fallen Schachtwässer mit einer langjährigen durchschnittlichen Zutrittsrate von ca. 3.000 m³/a an. Im Schacht Marie fallen

durchschnittlich ca. 8.000 m³/a an. Die Jahresmenge der auf den versiegelten Flächen der Schachanlage Bartensleben anfallenden Niederschlagswässer beträgt im Mittel ca. 20.000 m³ bei einem maximalen Aufkommen von ca. 1 m³/s (15 min Dauerregen). Die Stoffkonzentrationen (Staub und andere Verschmutzungen) der von den versiegelten Flächen abgeleiteten Niederschlagswässer sind sehr gering.

Allgemeine Umweltauswirkungen durch konventionelles Abwasser

Das Abwasser kann durch folgende konventionelle Schadstoffe verunreinigt sein: Schwebstoffe, Schwermetalle, anorganische Verunreinigungen (z. B. Chloride, Nitrate, Sulfate) und organische Verunreinigungen (z. B. Fäkalien, bakterielle Verunreinigungen, Nährstoffe, Kohlenwasserstoffe). Abwasser wird vor einer Einleitung in ein Gewässer in entsprechenden Anlagen (Kläranlagen, Absetzbecken und Fällungsanlagen) weitgehend gereinigt. Dennoch sind im eingeleiteten Abwasser schädliche Verunreinigungen vorhanden, die sich unmittelbar auf das Schutzgut Wasser und mittelbar auf die Schutzgüter Tiere, Pflanzen und Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit auswirken können. Verunreinigungen von Oberflächengewässern wirken sich auf die biologische oder chemische Gewässergüte des betroffenen Gewässers aus. Der Mensch ist davon mittelbar betroffen, da sich Veränderungen der chemischen oder biologischen Gewässergüte auf die Nutzbarkeit des Wassers beispielsweise als Trinkwasser, Beregnungswasser oder Badewasser auswirken. Veränderungen der Gewässergüte können sich beispielsweise durch sauerstoffzehrende Prozesse im Wasser, veränderte Salzkonzentrationen oder toxische Stoffe auf den Stoffwechsel von Pflanzen und Tieren auswirken und je nach Empfindlichkeit der betroffenen Tier- oder Pflanzenarten die Lebensraumfunktion des Gewässers beeinträchtigen.

Bewertungsrahmen der Umweltauswirkungen durch konventionelles Abwasser

Die Anforderungen an die Abwasserbeseitigung und deren Bewertungsmaßstäbe regelt das Wasserrecht. Abwasser ist gemäß § 55 WHG so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Hinsichtlich der Anforderungen ist zwischen Direkt- und Indirekteinleitung zu unterscheiden.

Die unmittelbare Einleitung von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Die grundlegenden Anforderungen zur Erteilung der Erlaubnis sind in § 57 WHG niedergelegt. Danach darf eine Erlaubnis nur erteilt werden, wenn

1. die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist,
2. die Einleitung mit den Anforderungen an die Gewässereigenschaften und sonstigen rechtlichen Anforderungen vereinbar ist und
3. Abwasseranlagen oder sonstige Einrichtungen eingerichtet und betrieben werden, die erforderlich sind, um die Einhaltung der vorgenannten Anforderungen sicherzustellen.

Die nach dem Stand der Technik maßgeblichen Mindestanforderungen bei der Abwassereinleitung werden für bestimmte Herkunftsbereiche durch die Abwasserverordnung (AbwV) /AbwV 1997/ konkretisiert. Die Maßnahmen des NaPro sind dem Herkunftsbereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle zuzuordnen. Für diesen Herkunftsbereich enthält die Abwasserverordnung keine explizite Regelung. Der Stand der Technik muss damit unter Berücksichtigung der Anforderungen des WHG und der Abwasserverordnung im Einzelfall bestimmt werden.

Soweit in den Anhängen der Abwasserverordnung nichts anderes bestimmt ist, gelten zunächst die allgemeinen Anforderungen (§ 3 AbwV). Danach darf Abwasser in ein Gewässer nur eingeleitet werden, wenn die Schadstofffracht so gering gehalten wird, wie dies nach Prüfung der Verhältnisse im Einzelfall möglich ist: durch den Einsatz Wasser sparender Verfahren bei Wasch- und Reinigungsvorgängen, die indirekte Kühlung, den Einsatz von schadstoffarmen Betriebs- und Hilfsstoffen sowie die prozessintegrierte Rückführung von Stoffen. Der Verweis des AbwV auf den Stand der Technik macht deutlich, dass das Abwasserrecht strengere Anforderungen als das Bergrecht enthält, das lediglich auf die allgemein anerkannten Regeln der Sicherheitstechnik verweist (vgl. § 55 Abs. 1 Nr. 3 BBergG).

Ergänzend sind die Kriterien der Anlage 1 des WHG zur Bestimmung des Standes der Technik heranzuziehen. Dazu kommen für den Bereich der Entsorgung radioaktiver Abfälle die Kriterien Einsatz weniger gefährlicher Stoffe (Nr. 2 der Anlage 1 WHG), vergleichbare, erfolgreich im Betrieb erprobte Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden (Nr. 4), Fortschritte in der Technologie und in den wissenschaftlichen Erkenntnissen (Nr. 5), Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen (Nr. 6), etwaige Verlagerungseffekte auf andere Umweltmedien (Nr. 10) und die Unfallvorsorge (Nr. 11) in Betracht.

Die Abwassereinleitung ist an den geltenden Anforderungen an die Gewässereigenschaften und an den sonstigen rechtlichen Anforderungen zu messen. Dabei sind insbesondere die Anforderungen an die Einleitung in Oberflächengewässer zu beachten.

Bei einer Einleitung in Oberflächengewässer sind die Bewirtschaftungsziele für oberirdische Gewässer gemäß § 27 Abs. 1 WHG zu beachten. Danach sind oberirdische Gewässer grundsätzlich so zu bewirtschaften, dass eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands vermieden wird und ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden. Das Bewirtschaftungsziel beschreibt sowohl qualitative als auch zeitliche Vorgaben für den jeweiligen Wasserkörper. Der ökologische Zustand wird vorrangig über das Vorkommen gewässertypenspezifischer Organismengruppen (wirbellose Gewässertiere, Fische, Wasserpflanzen) definiert. Einzelheiten dazu finden sich in der bundesrechtlichen Oberflächengewässerverordnung (OGewV) /OGewV 2011/, den landesrechtlichen Vorschriften zur Konkretisierung des WHG und der Landeswassergesetze sowie in den Maßnahmenprogrammen für die einzelnen Flussgebietseinheiten. Von besonderer Bedeutung sind die in der OGewV festgelegten Qualitätskomponenten und Kriterien zur Beurteilung des ökologischen und chemischen Zustands (vgl. Anlagen 3 bis 7 der OGewV). Die landesrechtlichen Bestimmungen sind weitgehend an diese Vorgaben angepasst worden.

Für das Einleiten von Abwasser in öffentliche oder private Abwasseranlagen (Indirekteinleitung) gelten neben den Anforderungen des § 58 WHG auch landesrechtliche Anforderungen (Abwasserregelungen in den Landeswassergesetzen einschließlich der auf dieser Grundlage erlassenen Indirekteinleiterverordnungen der Länder).

Abschließende Bewertung

Die Einleitung von konventionellem Abwasser in ein Oberflächengewässer ist eine potenziell relevante Umweltauswirkung, die im Genehmigungsverfahren des jeweiligen Vorhabens zu prüfen und zu minimieren ist.

4.3. Unspezifische Wirkfaktoren von untergeordneter Bedeutung

In diesem Kapitel werden Wirkfaktoren abschließend behandelt,

- die bei Maßnahmen und Projekten des NaPro – mit Ausnahme der Nachverschlussphase eines Endlagers – häufig auftreten,
- die jedoch für einzelne Maßnahmen und Projekte des NaPro aufgrund des übergreifenden Charakters der SUP und derzeit fehlender Vorhabensplanungen nicht projektspezifisch darstellbar sind und
- die in ihrer Bedeutung für die hier durchzuführenden Umweltbewertungen der SUP insgesamt vernachlässigbar sind.

Eine projektspezifische Betrachtung von Umweltauswirkungen der in diesem Kapitel bewerteten Wirkfaktoren erfolgt in konkreten Genehmigungsverfahren für einzelne Maßnahmen und Projekte des NaPro anhand der dann vorliegenden Unterlagen zur Beschreibung der Vorhaben.

Wassergefährdende Stoffe

Wassergefährdende Stoffe werden bei Betrieb, Wartung und Reparatur von Kraftfahrzeugen, Maschinen, Anlagen und Transportbehältern gehandhabt. Der Einsatz von flüssigen wassergefährdenden Stoffen wie z. B. Kühlflüssigkeiten, Öl- und Schmierstoffen, Kraftstoffen, Reinigungsflüssigkeiten, Farben und Lacken erfolgt in unterschiedlicher Art und Menge auf Baustellen zur Errichtung und zum Abbau von Anlagen, an Standorten der geologischen Erkundung, während des Betriebs kerntechnischer Anlagen und in Bergwerken. Bei der Errichtung von Anlagen und in Bergwerken können zudem große Mengen an festen wassergefährdenden Stoffen wie z. B. Transportbeton und Mörtel gehandhabt und verbaut werden. Der Umgang und die Lagerung von wassergefährdenden Stoffen sind im Hinblick auf technische Maßnahmen zum Schutz von Boden und Grundwasser in länderspezifischen Verordnungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen festgelegt. Bei Umsetzung dieser Vorgaben sind potenzielle erhebliche Umweltauswirkungen auszuschließen. Das Risiko einer konventionellen Verunreinigung von Grundwasser und Boden durch unfallbedingten Eintrag von wassergefährdenden Stoffen ist grundsätzlich unterstellbar. Risikobewertungen unter Ableitung von Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung von Risiken (z. B. Einsatz von Auffangwannen, Beschränkung der Stoffart und Stoffmenge) sind Gegenstand der Genehmigungsverfahren der Projekte des NaPro. Die Anforderungen an den Schutz von Grundwasser und Boden beim Einbau von Stoffen in Bauprodukte sind in der EU-Bauprodukteverordnung Nr. 305/2011 /EU-BauprodukteV 2011/, dem Bauproduktengesetz /BauPG 2012/, den jeweiligen Landesbauordnungen und dem Zulassungsverfahren für Bauprodukte /DIBt 2011/ geregelt.

Die Entsorgung von wassergefährdenden Stoffen erfolgt nach den Vorschriften des Kreislaufwirtschaftsgesetzes /KrWG 2013/ und seinen einschlägigen Verordnungen. In kerntechnischen Anlagen können wassergefährdende Stoffe bei ihrem Einsatz als Betriebsmittel radiologisch verunreinigt werden z. B. Öle, Reinigungsflüssigkeiten. Die Sammlung, Konditionierung und Verpackung dieser wassergefährdenden Stoffe erfolgt als schwach radioaktiver Abfall unter Einhaltung der Anforderungen des Atomgesetzes und der Strahlenschutzverordnung. Die anfallenden Mengen an radioaktiven Abfällen durch den Einsatz von wassergefährdenden Stoffen als Betriebsmittel und Reinigungsflüssigkeiten ist in Anlagen, in denen nicht mit offenen radioaktiven Abfällen umgegangen wird, z. B. Zwischenlager oder Endlager, gering und im Hinblick auf die Bewertung von Risiken Gegenstand des Zulassungsverfahrens der jeweiligen Anlage oder Einrichtung. Auf dem hohen Abstraktionsgrad der Planungen im NaPro und der SUP des NaPro ist der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

nicht als Ursache potenziell relevanter Umweltauswirkungen zu betrachten. Der Anfall von flüssigen radioaktiven Abfällen bei Anlagen oder Einrichtungen, in denen mit offenen radioaktiven Abfällen umgegangen wird, z. B. Konditionierungsanlagen, wird in Kapitel 5.1.5 betrachtet.

Konventionelle Abfälle

Bei allen Projekten des NaPro fallen konventionelle Abfälle an, die dem Regime des Kreislaufwirtschaftsgesetzes /KrWG 2013/ unterliegen. Bei ihrer Erfassung, Lagerung am Entstehungsort und Entsorgung sind die Vorschriften der Gewerbeabfallverordnung /GewAbfV 2012/, insbesondere hinsichtlich Getrennthaltung, ebenfalls zu beachten. Es kann davon ausgegangen werden, dass folgende Abfallarten anfallen:

- gewerbliche Siedlungsabfälle bei allen Projekten,
- Bodenaushub bei der Errichtung von Gebäuden (Zwischenlager, Eingangslager, Sozialgebäude, sonstige Gebäude, z.B. für die Konditionierung) und der Verlegung von Versorgungsleitungen,
- Bau- und Abbruchabfälle (Baustellenmischabfälle, Bauschutt) bei Errichtung und Rückbau von Gebäuden,
- getrennt gehaltene Fraktionen, wie Holz, Eisen und Stahl, Kunststoffe, Glas, Kabel, Papier und Pappe, bei allen Projekten,
- Sonderabfälle, wie Farb- und Lackabfälle, Klebstoff- und Dichtungsmassen, Hydrauliköle, insbesondere bei den Projekten im Rahmen der Standortauswahl und Endlagerung, Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung sowie Entsorgung rückgeholter Abfälle aus der Schachanlage Asse II,
- Abraum bei Errichtung und Betrieb von Erkundungsbergwerken, beim Bau des Endlagers und beim Betrieb des Endlagers, wenn er nicht unter Tage zur Verfüllung wieder eingesetzt wird.

Werden die Grundsätze der Kreislaufwirtschaft (Abschnitt 2 KrWG) und der Abfallbeseitigung (Abschnitt 3 KrWG) sowie die Vorschriften hinsichtlich Getrennthaltung und Lagerung am Ort der Entstehung sowie der Rangfolge bei der Entsorgung (Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung, Beseitigung) beachtet, ist nicht zu erwarten, dass von den anfallenden konventionellen Abfällen relevante Umweltauswirkungen ausgehen, selbst wenn der Bodenaushub aufgrund von Vorbelastungen konventionelle Schadstoffe enthalten sollte oder der Abraum belastet sein sollte. Dieses Abfallaufkommen ist von den Ländern bei ihrer Abfallwirtschaftsplanung nach §§ 30 ff KrWG mit zu berücksichtigen.

Regenwasser auf Verkehrs- und Dachflächen

Die Ableitung von Regenwasser, das sich auf Verkehrs- und Dachflächen ansammelt, erfolgt entweder über eine Regenwasserkanalisation ggf. mit vorheriger Klärung in den Vorfluter oder über eine Versickerungsanlage für Regenwasser auf dem Anlagengelände. Das bei Projekten des NaPro anfallende Regenwasser unterscheidet sich im Hinblick auf konventionelle Verunreinigungen (z. B. Staub, Stickoxide, Schwefel) nicht von Regenwasser, das in Städten und Industriegebieten anfällt. Auf Salzstaubimmissionen wird in Kapitel 4.1.2 eingegangen. Während des bestimmungsgemäßen Betriebes von kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen, z. B. Konditionierungsanlagen, kommt es zu radiologischen Ableitungen über den Luftpfad. Genehmigte Ableitungen erfolgen über einen Kamin in großer Höhe, sodass Kontaminationen von Regenwasser am Ort der Anlage oder Einrichtung ausgeschlossen werden können. Auf dem hohen Abstraktionsgrad der SUP des NaPro ist abgeleitetes Regenwasser von Verkehrs- und Dachflächen nicht als Ursache von Umweltauswirkungen zu berücksichtigen. Die Betrachtung von

radiologischen Immissionen durch Ableitungen über den Luft- und Wasserpfad sowie die Betrachtung von Störfallrisiken erfolgt in den Kapiteln 4.1.4, 4.1.6 und 4.1.7.

Sanitärabwasser

Bei allen Projekten des NaPro fällt vor Ort **konventionelles Sanitärabwasser** an. Bei vorübergehenden Baumaßnahmen und Projekten wie etwa der oberirdischen Erkundung eines Endlagerstandortes würde Sanitärabwasser in mobilen Sanitäreinrichtungen gesammelt und dann in Kläranlagen entsorgt werden. In Anlagen (z. B.: Zwischenlager, Konditionierungsanlagen, Erkundungsbergwerk, Endlager) ist immer von einem Anschluss des sanitären Leitungssystems der Anlage an eine anlageninterne Kläranlage oder an eine öffentliche Kläranlage auszugehen. Die Menge an Sanitärabwasser hängt von der Anzahl der Beschäftigten ab. Es kann davon ausgegangen werden, dass im Vergleich zum Sanitärabwasseranfall aus konventionellen Industriegebieten oder Städten die Entsorgungsmenge an konventionell verunreinigtem Sanitärabwasser bei Projekten des NaPro hinsichtlich der SUP des NaPro nicht zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen.

Im Falle des Umgangs mit offenen radioaktiven Stoffen in kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen (z. B. Konditionierungsanlage) kann ggf. eine anlageninterne Trennung von **Sanitärabwasser aus Kontrollbereichen** von Sanitärabwasser außerhalb von Kontrollbereichen erfolgen. Eine Kontamination des Personals wird in kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen durch Maßnahmen des Aktivitätseinschlusses und der Vermeidung von Kontaminationsverschleppungen gemäß Anforderungen der Strahlenschutzverordnung /StrlSchV 2012/ vorgebeugt, so dass Verunreinigungen von Sanitärabwasser mit radioaktiven Stoffen durch sich waschende Personen oder Fäkalien nicht auftreten. Unabhängig davon kann bei Bedarf (Kontamination von Personen) vor einer Entsorgung von Sanitärabwasser aus Kontrollbereichen durch radiologische Kontrollen und getrennte Entsorgung sichergestellt werden, dass potenziell relevante Umweltauswirkungen durch ggf. mit radioaktiven Stoffen verunreinigtes Sanitärabwasser nicht zu besorgen sind. Im Rahmen der SUP des NaPro bestehen übergreifend keine potenziell relevanten Umweltauswirkungen durch Sanitärabwasser aus Kontrollbereichen.

Lichtemissionen

Lichtimmissionen können sich auf Menschen störend auswirken. Wichtige Effekte sind Blendung betroffener Menschen und Raumaufhellung von Wohn-, Schlaf-, Unterrichts-, und Arbeitsbereichen in der Nachbarschaft von Lichtquellen. Die Auswirkungen auf Menschen reduzieren sich mit zunehmender Entfernung zur Lichtquelle.

Lichtimmissionen betreffen beim Schutzgut Tiere insbesondere Insekten und Vögel. Insekten werden angelockt und in ihrer nächtlichen Aktivität (Futter-/Partnersuche) beeinträchtigt. Dabei können bei Insekten durch Verbrennen oder den Einschluss in Lichtquellen direkte Individuenverluste auftreten. Indirekte Individuenverluste können bei Insekten dadurch auftreten, dass diese im Rahmen ihrer nächtlichen Aktivität durch Verirren im Licht zu wenig Nahrung aufnehmen oder als Geschlechtspartner nicht zueinander finden.

Vögel, insbesondere auch während des Vogelzuges, können durch Lichtquellen die Orientierung verlieren. Durch Kollisionen mit Lichtquellen oder den Gebäuden an denen die Lichtquellen installiert sind, können Individuenverluste auftreten. Die Beleuchtung von Brutplätzen, kann dazu führen, dass die Brutplätze zur Brutzeit nicht mehr aufgesucht werden, oder, dass bereits begonnene Bruten durch die Störwirkung des Lichtes aufgegeben werden. Dabei kann es zu Brutverlusten kommen.

Grundlagen zur Beurteilung von Lichtimmissionen wurden durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz /LAI 2012/ verabschiedet. Dort werden sowohl für die Blendung als auch für Raumaufhellung Immissionsrichtwerte für unterschiedliche Gebietsarten (z. B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Wohngebiete, Erholungsgebiete, Dorfgebiete, Industriegebiete) angegeben. Bei Einhaltung dieser Immissionsrichtwerte ist nicht von erheblichen Belästigungen für Menschen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes auszugehen.

Die Beurteilung von Auswirkungen von Licht auf Tiere – insbesondere Vögel und Insekten – ist unter Kenntnis der betroffenen Tierarten, Populationen und vorhandenen Lebensräume vorzunehmen. Dabei spielt insbesondere eine Rolle, ob von der Beleuchtung die Lebensräume für besonders geschützte Arten nach Bundesartenschutzverordnung oder Natura 2000-Gebiete betroffen wären. Bei der Bewertung der Wirkung von Lichtimmissionen sind sowohl bei Insekten als auch bei Vögeln einzelne Verluste an Individuen hinnehmbar. Nicht hinnehmbar und als erhebliche Umwelteinwirkung einzustufen wären Lichtimmissionen, die dazu führen, dass Populationen – insbesondere besonders geschützter Arten – durch Verluste in ihrer Erhaltung gefährdet wären. Allein durch Licht werden solche erheblichen Umweltauswirkungen bei den Projekten des NaPro eher selten auftreten, da stets die Beleuchtung von Arbeits- und Verkehrsflächen erzielt werden soll und weitreichende Lichteffekte nicht geplant sind. Jedoch in Wechselwirkung mit anderen Einwirkungen, wie z. B. Luftschadstoffe und Lärm, können Lichtimmissionen einen zusätzlichen Beitrag zur Beeinträchtigung von Populationen leisten. Kerntechnische Anlagen werden aus Gründen der Sicherheit (Vermeidung des Eindringens Dritter) nachts intensiv beleuchtet. Die Anforderungen an die Sicherheit der Anlagen überwiegen die Anforderungen an den Schutz der Umwelt, da die Sicherheit der Anlagen Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt verhindert.

Zur Vermeidung potenziell erheblicher Umweltauswirkungen durch Licht existieren umfangreiche Minimierungsmöglichkeiten durch eine geeignete Auswahl der auszuleuchtenden Bereiche, Anzahl der Lichtquellen sowie ihre Neigung, Höhe, Abschattung und Beschränkung von Arbeiten auf die Tageszeit. Die zur Vermeidung von Störwirkungen auf Menschen genannten Minimierungsmaßnahmen für Lichtemissionen sind auch zum Schutz von Tieren anwendbar. Darüber hinaus können Lichteffekte auf Insekten und Vögel durch geeignete Lichtspektren (Natrium-Niederdrucklampen) und geschlossene Ausführung der Lampen (Vermeiden des Eindringens von Insekten) erheblich reduziert werden. Zum Schutz von Vögeln ist die Beleuchtung von Schlaf- und Brutplätzen zu vermeiden. Darüber hinaus ist bei potenzieller Betroffenheit von Vögeln während des Vogelzugs insbesondere bei hohen Lichtquellen oder Lichtquellen, die Rastplätze beleuchten, zu prüfen, ob diese vorübergehend abgeschaltet werden können.

Radonemissionen

Während jeglicher bergbaulicher Tätigkeit (z. B. untertägige Erkundung, Betrieb eines Erkundungsbergwerkes und eines Endlagers, Verschluss eines Endlagers) gehen vom Bergwerk selbst, von der Halde und vom gefördertem Bergwasser Radonemissionen aus. Das radioaktive Radon-222 entsteht aus der Zerfallsreihe des in Spurenanteilen im Gestein vorkommenden Uran-238. In Granit- und Tongestein sind - bei hohen lokalen Schwankungen - höhere Spuren an Uran-238 und seinen Zerfallsprodukten enthalten als in Salzgestein. Erhöhte Radonkonzentrationen durch extreme Expositionen können das Risiko für Lungenkrebs erhöhen.

Von einer erhöhten Radonexposition sind vor allem Beschäftigte betroffen. Minimierungsmöglichkeiten zur Radonbelastung für Beschäftigte bestehen z. B. durch Verwendung geeigneter technischer Verfahren wie z. B. Nassbohren, leistungsstarke Belüftungen und Arbeiten unter Atemschutz. Belastungen der Anwohner können im Grunde ausgeschlossen

werden. Messungen des Bundesamtes für Strahlenschutz /BfS 2009b/ zeigten zwar einen Einfluss bergbaulicher Aktivitäten auf die Radonkonzentration der Freiluft in unmittelbarer Nähe zur Quelle (Abwetterschächte von Bergwerken in Gebieten mit hohem Anteil an Uran-238 im Gestein). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich in unmittelbarer Nähe zu den Abwetterschächten eines Bergwerks oder zur Halde keine Wohngebiete befinden. Radonemissionen werden hinsichtlich der übergreifenden Betrachtungsweise des NaPro als nicht potenziell relevante Umweltauswirkungen bewertet. Auswirkungen auf die Radonkonzentration der Atmosphäre (Schutzgut Klima) sind aufgrund des schon vorhandenen hohen natürlichen Anteils an Radon-222 auszuschließen.

5. Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen

5.1. Standortauswahlverfahren und Endlagerung insbesondere der Wärme entwickelnden Abfälle einschließlich der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren

In diesem Kapitel werden die Umweltauswirkungen der Maßnahme „Standortauswahlverfahren und Endlagerung insbesondere Wärme entwickelnder Abfälle“ betrachtet. Darin eingeschlossen ist auch die Betrachtung einer Endlagerung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations-, und Forschungsreaktoren in einem Endlager nach Standortauswahlgesetz. Die Betrachtung erfolgt separat für folgende Projekte und Projektphasen:

- Oberirdische Erkundung von Standorten für ein Endlager
- Untertägige Erkundung von Standorten für ein Endlager
- Überführung der Abfälle von den Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort
- Aufbewahrung der Abfälle im Eingangslager des Endlagers
- Endlagergerechte Konditionierung am Endlagerstandort
- Endlagerung insbesondere der Wärme entwickelnden Abfälle

Bei den Projekten werden jeweils die zeitlichen Phasen Errichtung, Betrieb und Stilllegung bzw. Einstellung des Betriebes bei Erkundungsbergwerken berücksichtigt. Für das Projekt „Endlagerung der Wärme entwickelnden Abfälle“ erfolgt eine separate Betrachtung der Phasen „Errichtung des Endlagers“, „Einlagerungsbetrieb“, „Verschluss des Endlagers“ und die „Nachverschlussphase“ für den Zeitraum nach Verschluss des Endlagers.

Innerhalb der einzelnen Kapitel zur Betrachtung der Umweltauswirkungen der o.g. Projekte erfolgt zunächst eine Darstellung der Tätigkeiten am Standort. Anschließend werden die Wirkfaktoren erläutert und die potenziellen Umweltauswirkungen beschrieben. Abschließend werden die potenziellen Umweltauswirkungen bewertet und Maßnahmen der Vermeidung und Minimierung dargestellt. Bei der Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen „häufiger projektspezifischer Wirkfaktoren“ wird auf den in Kapitel 4.1 dargestellten Bewertungsrahmen zurückgegriffen.

5.1.1. Oberirdische Erkundung von Standorten für ein Endlager

Bei der oberirdischen Erkundung werden alle geowissenschaftlichen und raumplanerischen Informationen zum Standort zusammengetragen. Die oberirdische Erkundung ausgewerteter internationaler Erkundungsprogramme erfolgt im Wesentlichen durch geophysikalische Untersuchungen und Erkundungsbohrungen /Goldsworthy et al 2009/. Die Auffahrung eines Bergwerkes erfolgt nicht. Auf Basis internationaler Erfahrungen zur Erkundung von Endlagerstandorten wurde bei der Erarbeitung von Anforderungen an eine oberirdische Erkundung für ein Auswahlverfahren in Deutschland festgestellt, dass hinsichtlich unterschiedlicher Gesteinsformationen und –konfigurationen keine erheblichen Unterschiede im Erkundungsaufwand bestehen /Goldsworthy et al 2009/. Am Standort sind folgende Arbeiten zu erwarten:

- Bei der Errichtung erfolgen die Installation von Infrastruktur (Straßenanbindung, Wasser- u. Stromversorgung, Entsorgung) sowie die Flächenbefestigung für Bohrstellen, Einrichtung zur Lagerung von Bohrspülung, techn. Einrichtungen sowie provisorische Behausungen und Wege.
- Der Erkundungsbetrieb besteht insbesondere in der Durchführung von geologischen Tiefenbohrungen sowie seismischen und hydrogeologischen Untersuchungen.
- Nach Beendigung der Erkundungsarbeiten werden Erkundungsbohrungen nach dem Stand der Technik verschlossen, alle technischen Geräte entfernt, der Erkundungsplatz wird zurückgebaut und das Gelände wird renaturiert.

Bis zum Abschluss eines Auswahlverfahrens, das mehrere Jahre dauert, können technische Einrichtungen am Standort, z. B. versiegelte Flächen, verbleiben.

Wirkfaktoren

Es wird davon ausgegangen, dass bei der oberirdischen Erkundung eines Standortes für ein Endlager mehrere Tiefbohrungen durchgeführt werden /NAGRA TB 1001 2010/. Durch Befestigung von Bohrplätzen und Zufahrtswegen erfolgt eine **Flächeninanspruchnahme** zwischen 10.000 und 40.000 m² /Thiele 2004/, /UBS 2012/, /NAGRA 2010/.

Durch Errichtung der Bohrplätze und technischen Anlagen sowie bei deren späterem Abbau nach Ende der Erkundung entstehen beim Einsatz von LKW und Baumaschinen Emissionen von **Luftschadstoffen und Schall**, die in ihrem Ausmaß den Emissionen einer kleinen Baustelle entsprechen. Der Bohrbetrieb führt insbesondere zu Schallemissionen in die Umgebung. Das Ausmaß an KfZ-Bewegungen und damit verbundene Emissionen sind während der Erkundungsarbeiten vernachlässigbar.

Während der oberirdischen Erkundung eines Endlagerstandortes bestehen durch den Bohrbetrieb Risiken eines **Medieneintrags**, eines **Blow Out** und eines **hydraulischen Kurzschlusses**. Bei Tiefbohrungen werden für unterschiedliche Zwecke (Austrag des Bohrkleins, Kühlung, Schmierung) Bohrspülungen eingesetzt, die als Medien in das Grundwasser eingetragen werden können. Bohrspülungen bestehen überwiegend aus Wasser mit verschiedenen Zusätzen (Tonmineralien, Salz, Öle, Polymere, Tenside). Beim Einsatz von Bohrspülungen kann es insbesondere bei zu geringem Druck der Bohrspülung zur Anreicherung von Gasen und Fluiden aus dem Untergrund mit anschließender Expansion (Blow Out) kommen /Dannwolf et al. 2014/. Durch ein nacheinander erfolgendes Anbohren von hydraulisch voneinander getrennten Grundwasserleitern besteht das Risiko eines hydraulischen Kurzschlusses, bei dem ein Austausch von Grundwasser zwischen zuvor voneinander getrennten Grundwasserleitern erfolgen würde.

Bei seismischen Messungen werden durch Fahrzeuge oder durch kleine Sprengsätze in Bohrungen kurzzeitig Schallwellen in den Untergrund geleitet. Resultierende **Schallpegel und Erschütterungen** sind nur im direkten Umfeld wahrnehmbar und daher hinsichtlich Auswirkungen auf Menschen und Tiere vor dem Hintergrund des übergreifenden Charakters der SUP vernachlässigbar.

Hydrogeologische Erkundungen beinhalten im Wesentlichen den Bau von Grundwassermessstellen, Pumpversuche, die zur vorübergehenden **Grundwasserabsenkung** führen und ggf. den **Medieneintrag** in Form von Tracern in das Grundwasser. Grundwasserabsenkungen sind in Kapitel 4.2 beschrieben. Grundwasserabsenkungen durch Pumpversuche erfolgen vorübergehend für maximal einige Tage. Ziel ist nicht eine Trockenlegung sondern die Messung der Auswirkungen auf den Grundwasserstand an korrespondierenden Grundwassermessstellen. Die Dauer, der Betrag der Grundwasserabsenkung sowie die Menge an zurückzuleitenden Grundwasser sind gering. Der Einsatz von Tracern erfolgt in geringer Menge und in Abstimmung mit den zuständigen Wasserbehörden unter Anwendung der gesetzlichen Regelungen zum Schutz des Grundwassers. Im Hinblick auf den übergreifenden Charakter der SUP bestehen keine potenziell relevanten Umweltauswirkungen durch hydrogeologische Erkundungen.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahmen in der Größenordnung von 10.000 und 40.000 m² wirken sich auf die Schutzgüter Boden, Tiere, Pflanzen und ggf. Lebensräume geschützter Arten sowie ihre Brutstätten aus.

Von der Versiegelung eines Gewässers im Rahmen der oberirdischen Erkundung eines Endlagerstandortes wird aufgrund des damit verbundenen Aufwandes zur Untergrundbefestigung nicht ausgegangen.

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Installation der Infrastruktur sowie beim Rückbau und bei der Renaturierung verursacht. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm

Schallemissionen werden insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Installation der Infrastruktur, beim Rückbau und bei der Renaturierung sowie durch die Bohrungen verursacht. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben.

Medieneintrag, Blow Out und hydraulischer Kurzschluss

Ein Eintrag von Medien in den Boden oder das Grundwasser während des Bohrbetriebes kann in Abhängigkeit von den Eigenschaften des eingetragenen Stoffes und seiner Menge zur Verunreinigung beider Schutzgüter führen.

Für den Einsatz von Bohrspülungen und die dabei zugesetzten chemischen Stoffe sind Anforderungen im Regelwerk des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. festgelegt. Einschlägige Regeln zum Schutz des Grundwassers vor dem Eintrag von Bohrspülungen finden sich in den DVGW Merkblättern 115 und 116 /DVGW 2008//DVGW 1998/. Darüber hinaus wird der Eintrag von Bohrspülungen in das Grundwasser durch Verrohrungen der Bohrung vermieden. Zum

Schutz des Bodens und Grundwassers durch auf dem Bohrplatz gehandhabte Bohrspülung und andere Fluide, werden Bohrplätze in Deutschland versiegelt /Schilling 2012/.

Als technische Maßnahme zur Vermeidung von unkontrollierten Druckentlastungen werden bei Tiefbohrungen Blow-Out-Preventer eingesetzt. Blow-Out-Preventer ermöglichen durch Ventile das gezielte und kontrollierte Entlasten von unter Druck stehenden Tiefbohrungen in Tanks /Uth 2012/. Als technische Maßnahme zur Vermeidung von hydraulischen Kurzschlüssen werden Tiefbohrungen verrohrt und zementiert.

Durch das Wasserhaushaltsgesetz /WHG 2012/ wird der Schutz des Grundwassers geregelt. In § 48 des WHG ist festgelegt, dass Maßnahmen wie beispielsweise das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser einer wasserrechtlichen Erlaubnis bedürfen. Diese wird nur dann erteilt, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. Ergänzend dazu werden bei Bohrungen die Anforderungen der Tiefbohrverordnungen und der Verordnungen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen durch die zuständigen Behörden des jeweiligen Bundeslandes, in dem eine Bohrung durchgeführt wird, geprüft. Daher kann im Rahmen des hier vorzunehmenden Untersuchungstiefgangs davon ausgegangen werden, dass Risiken wie etwa eines schädlichen Eintrags von Bohrspülung in das Grundwasser, eines Blow-Outs und eines hydraulischen Kurzschlusses als potenziell relevante Umweltauswirkungen nicht zu besorgen sind.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme zur oberirdischen Erkundung eines Endlagerstandortes ist, sofern sie nicht auf Industrieflächen oder anderen vorbelasteten oder weniger wertvollen Flächen erfolgt, als potenziell erhebliche Umweltauswirkung einzustufen für die die Pflicht zum Ausgleich oder zur Kompensation besteht.

Da bei einer oberirdischen Erkundung eines Standortes der gesuchte einschlusswirksame Gebirgsbereich in ausreichender Größe und Homogenität angetroffen werden muss, kann die oberirdische Erkundung von verschiedenen Positionen aus erfolgen. Somit sind Nutzungskonflikte mit menschlichen Ansiedlungen, Landwirtschaft oder Naturschutz weitgehend vermeidbar. Darüber hinaus können Erkundungsbohrungen schräg durchgeführt werden /NAGRA TB0224 2002/. Im Rahmen der SUP des NaPro kann davon ausgegangen werden, dass eine Erkundung in Schutzgebieten oder auf Flächen mit besonders geschützten Tier- und Pflanzenarten vermieden werden kann. Darüber hinaus bestünde nach Prüfung des Einzelfalles die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Bei der oberirdischen Erkundung werden luftschadstoffemittierende Maschinen, Geräte und Kraftfahrzeuge in einem Umfang eingesetzt, der relevante Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen ab einer Entfernung von wenigen 100 m nicht mehr erwarten lässt. Innerhalb einer Entfernung von einigen 100 m zum Erkundungsbetrieb können potenziell relevante Umweltauswirkungen bestehen.

Lärm

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.3 dargestellt. Bei der oberirdischen Erkundung werden Maschinen, Geräte und Kraftfahrzeuge in einem Maß eingesetzt, das deutlich geringer ist, als beispielsweise beim Bau eines Zwischenlagers. Werden keine Arbeiten in den Nachtstunden (20 Uhr bis 7 Uhr) durchgeführt, sollten bei der Installation der Infrastruktur sowie beim Rückbau und bei der Renaturierung bereits ab einer Entfernung von einigen 100 m keine relevanten

Auswirkungen mehr auftreten. Bei Erkundungsbohrungen in Benken (Schweiz) /Macek 2001/ wurden die Lärmimmissionen des Bohrbetriebs – 60 dB(A) für den Tag und 50 dB(A) für die Nacht – am nächstgelegenen Wohngebiet, das sich in einem Abstand von 700 m zur Bohrstelle befand, unterschritten.

Hinsichtlich der Auswirkungen auf Tiere – hier Vögel – kann festgestellt werden, dass beim Vorhandensein von lärmempfindlichen Vogelarten der erforderliche Abstand zur Bohrstelle im Einzelfall zu prüfen ist. Durch Lärm können potenziell relevante Umweltauswirkungen innerhalb eines Abstandes von einigen 100 m zur befestigten Erkundungsfläche bestehen, die im Rahmen der praktischen Durchführung einer oberirdischen Erkundung vor dem Hintergrund der standortspezifischen Gegebenheiten zu betrachten sind.

5.1.2. Untertägige Erkundung mehrerer Standorte für ein Endlager

Die untertägige Erkundung besteht aus den Phasen „Errichtung eines Erkundungsbergwerkes“, „Betrieb eines Erkundungsbergwerkes“ und „Einstellung des Betriebes eines Erkundungsbergwerkes“. Die Einstellung des Betriebes eines Erkundungsbergwerkes würde nur dann erfolgen, wenn der Standort nicht im Standortauswahlverfahren verbleibt bzw. nicht für die Errichtung eines Endlagers ausgewählt wird oder das Erkundungsbergwerk nicht als Teil des Endlagerbergwerkes genutzt wird. Bei Nutzung des Erkundungsbergwerkes als Teil des Endlagers würde der Bergwerksbetrieb nach Durchführung eines entsprechenden Zulassungsverfahrens zur Errichtung des Endlagers fortgeführt werden.

5.1.2.1. Errichtung eines Erkundungsbergwerkes

Bei der untertägigen Erkundung werden folgende Tätigkeiten am Standort durchgeführt:

- Auffahren eines Bergwerkes
- Errichtung von Gebäuden, Verkehrswegen, Tagesanlagen und Infrastrukturen
- Anschluss des Standortes an die Versorgung mit Strom und Wasser
- Aufhalten von Abraum zu einer Halde
- Einleitung von Abwasser aus dem Bergwerk und aus der Haldenentwässerung in vorhandene Vorfluter, Anschluss an das öffentliche Netz zur Abwasserentsorgung

Es wird davon ausgegangen, dass die Arbeiten zur Errichtung eines Endlagerbergwerkes und zur Erkundung des Standortes jeweils einige Jahre erfordern /NAGRA TB02-02 2002/.

Wirkfaktoren

Die **Flächeninanspruchnahme** für Tagesanlagen und Infrastrukturen eines Erkundungsbergwerkes wird nach vorhandenen Ergebnissen zum Erkundungsbergwerk in Gorleben /BfS 1990a/ mit 50.000 m² abgeschätzt. Darüber hinaus nimmt die Fläche zur Lagerung des Abraums ca. 60.000 m² in Anspruch.

Durch den Betrieb der Baustelle am Standort (Baufahrzeuge und –maschinen) sowie durch den LKW-Verkehr zur Anlieferung von Baumaterial und zur Entsorgung von Abraum werden **Lärm, Luftschadstoffe und Staub emittiert**. Die Entsorgung des Ausbruchs kann auf einer eigens in

der Nähe des Endlagers angelegten oder bereits bestehenden Halde erfolgen. Endlagerkonzepte der Schweiz gehen während der Auffahrung des Bergwerkes von einem Gesamtausbruch von 420.000 m³ (lose) aus, die über einen Zeitraum von fünf Jahren mit 30 LKW pro Tag (12 m³/LKW) abtransportiert wird. Für die Errichtung der oberirdischen Anlagen und als Material zum Abstützen des Bergwerkes würden 90.000 m³ Beton zum Standort mit sieben LKW pro Tag antransportiert werden /NAGRA TB0202 2002/. Bei anderen Wirtsgesteinen variiert ggf. die Menge an Ausbruchsmaterial und Beton.

Durch die Errichtung der für die untertägige Erkundung erforderlichen Anlagen sowie die Aufhaltung entsteht **Raumwirkung**.

In Abhängigkeit von der hydrogeologischen Ausgangssituation des Standortes kann für die Auffahrung des Bergwerks und das Durchteufen von Grundwasser führenden Schichten eine **Grundwasserabsenkung** erforderlich sein. Eine Grundwasserabsenkung kann vorübergehend bis zur Abdichtung der Schächte erfolgen oder über längere Zeiträume. Endlagerkonzepte aus Finnland gehen von Absenktiefen von 10 bis 60 m aus, die zu Absenktrichtern mit Radien von 0,5 bis 2 km führen /Posiva 1999/.

Gefördertes Wasser bei Grundwasserabsenkungen sowie Sickerwasser der Haldenentwässerung werden wie anderes Brauchwasser, z. B. Wasser aus einer LKW-Reinigungsanlage, nach vorheriger Behandlung (Klärung, Fällung, Absetzung) als **konventionelles Abwasser** in einen Vorfluter eingeleitet. Den größten Beitrag nimmt das Wasser der Haldenentwässerung ein. Während der Erkundung des Salzstocks in Gorleben bestand eine Genehmigung zur täglichen Einleitung von 240 m³ salzhaltigem Überschusswasser in die Elbe.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch **Grundwasserabsenkung** und Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** erfolgt im Kapitel 4.1.7, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von ca. 110.000 m² (Erkundungsbergwerk und Halde) wirkt sich auf die Schutzgüter Boden, Tiere und Pflanzen aus. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten und ein Schutzgebiet betroffen sind.

Raumwirkung

Die obertägigen Anlagen für ein Erkundungsbergwerk sind in ihrer räumlichen Erstreckung vergleichbar mit einer mittleren Industrieanlage aber deutlich kleiner als der eigentliche Endlagerstandort. Die Fördertürme, Kamine und ggf. Abraumhalden sind aufgrund ihrer Höhe die am weitesten sichtbaren Anlagenbestandteile.

Raumwirkung verändert das Erscheinungsbild einer betroffenen Landschaft und kann ihre Erholungsfunktion herabsetzen. Raumwirkung ist vom subjektiven Empfinden des Betrachters abhängig, sie gewinnt bei hoher Anzahl an betroffenen Anwohnern oder Erholungssuchenden zusätzliches Gewicht. Die Einsehbarkeit des Standorts ist insbesondere in touristisch geprägten Regionen relevant.

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden wie bei Baustellen insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von

Gebäuden und Verkehrswegen verursacht. Hinzu kommen die Fahrbewegungen zwischen Bergwerk und Abraumhalde. Durch die Aufwindung und windgetragenen Austrag von Feinmaterial von der Haldenoberfläche können zusätzliche Emissionen entstehen. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Schallemissionen werden durch die gleichen Geräte, Maschinen und Transportfahrzeuge wie bei den Emissionen von Luftschadstoffen verursacht. Zusätzlich können Schallemissionen und Erschütterungen beim Sprengen von Gestein auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere ebenfalls negativ auswirken und Schäden an Gebäuden verursachen.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von ca. 110.000 m² ist als potenziell erhebliche Umweltauswirkung zu bewerten.

Minimierungen von Auswirkungen sind bei der Standortauswahl für ein Erkundungsbergwerk und der Planung der Bebauung am Standort (z. B. Lage der Halde, Straßenführung) möglich. Dabei sind für eine Bebauung Schutzgebiete oder Lebensräume geschützter Arten zu vermeiden. Unter Berücksichtigung artspezifischer ökologischer Ansprüche besteht ggf. auch die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Raumwirkung

Die Raumwirkung eines Erkundungsbergwerks auf das Landschaftsbild ist eine potenziell relevante Umweltauswirkung die sich über mehrere Jahre bis zum Abbau der obertägigen Anlagen nach Abschluss des Erkundungsbetriebs erstreckt. Eine Bewertung der Raumwirkung kann nur anhand bildlicher Darstellungen der geplanten Anlage in der Landschaft (Fotomontagen) unter Berücksichtigung aller relevanten Blickrichtungen erfolgen.

Minimierungen von Auswirkungen auf das Landschaftsbild durch Raumwirkung eines Erkundungsbergwerks zielen darauf ab, Sichtbeziehungen aus der Umgebung zu vermeiden oder zu reduzieren. Dabei können das Relief der Landschaft einbezogen werden, Erdwälle angelegt werden, Verschattungen der Anlage durch Wald erfolgen oder die Farbgestaltung der Gebäude dem Landschaftsbild angepasst werden.

Bei der Festlegung des Standorts für die untertägige Erkundung sollte bereits die mögliche Raumwirkung der obertägigen Endlageranlagen berücksichtigt werden, wenn die Option besteht, dass diese am selben Standort entstehen könnten.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Als relevante Größe zur Bewertung der Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe sind die Anzahl der Transporte pro Tag sowie die Emissionen von Geräten und Maschinen auf der Baustelle zu betrachten. Bei der Auffahrung eines Erkundungsbergwerks sind zwar insgesamt größere Mengen an Aushub und Baumaterial zu bewegen als dies für die im Bewertungsrahmen als Anhaltspunkt verwendete Errichtung eines Zwischenlagers der Fall ist, ihr Aufkommen streckt sich jedoch über einen größeren Zeitraum. Die Anzahl der Transporte pro Tag liegt daher in einer ähnlichen Größenordnung oder fällt eventuell sogar geringer aus. Der Betrieb von Geräten und Maschinen sowie der Transportverkehr zum Bau

von Gebäuden und Verkehrswegen sind ebenfalls geringer als beim Bau von Zwischenlagern. Werden die Abraumhalden abgedeckt oder feucht gehalten, um Verwehungen zu minimieren, kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass bei einem Abstand zur nächstgelegenen Wohnbebauung von 700 m keine relevanten Auswirkungen auf Menschen auftreten. Gleiches gilt für den Abstand zum Lebensraum von Tieren, insbesondere geschützten Arten. Innerhalb eines Abstandes von 700 m zum Vorhaben können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe auf Menschen und Tiere bestehen.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.3 dargestellt. Für die Bewertung der Auswirkungen von Lärm gelten hinsichtlich der Anzahl der Transporte pro Tag sowie hinsichtlich des oberirdischen Betriebs von Geräten und Maschinen die oben unter „Luftschadstoffe“ ausgeführten Betrachtungen. Beträgt der Abstand zur nächstgelegenen Wohnbebauung mehr als 700 m, sind relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten. Lärm durch Sprengungen wird nur sporadisch verursacht, so dass bei mehr als 700 m Abstand ebenfalls keine relevanten Auswirkungen zu erwarten sind, es sei denn, die durch Sprengungen verursachten Erschütterungen reichen weiter. Innerhalb eines Abstandes von 700 m zum Vorhaben können potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen durch Lärm und Erschütterungen bestehen.

Hinsichtlich der Auswirkungen auf Tiere – hier Vögel – kann festgestellt werden, dass beim Vorhandensein von lärmempfindlichen Vogelarten der erforderliche Abstand zur Baustelle im Einzelfall zu prüfen ist.

Eine Prüfung und Bewertung der Auswirkungen von Erschütterungen auf Fledermäuse ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über die Lage und Art der Fledermausquartiere möglich.

5.1.2.2. Betrieb eines Erkundungsbergwerkes

Wirkfaktoren

Während der Phase des Betriebs eines Erkundungsbergwerkes kommt es geringfügig zu transportbedingten Emissionen von **Luftschadstoffen** vor allem durch Personentransporte des Betriebspersonals und durch Materialtransporte zwischen Erkundungsbergwerk und Halde. Außerdem sind Staubemissionen durch Verwehungen von Haldenmaterial möglich.

Relevante anlagenbedingte Emissionen von **Luftschadstoffen und Lärm** während der Betriebsphase eines Erkundungsbergwerkes sind z. B. die Heizanlage, der Betrieb von Maschinen über Tage und die Lüftungs-/Bewetterungsanlage.

Untertägige Sprengarbeiten können **Erschütterungen** bedingen.

Während der Betriebsphase eines Erkundungsbergwerkes kann es, je nach Endlagerkonzept, notwendig sein, eine während der Errichtung des Endlagers möglicherweise durchgeführte **Grundwasserabsenkung** aufrecht zu halten. Endlagerkonzepte aus Finnland gehen von Absenktiefen von 10 bis 60 m aus, die zu Absenktrichtern mit Radien von 0,5 bis 2 km führen /Posiva 1999/.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch **Grundwasserabsenkung** und Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** erfolgt im Kapitel 4.1.7, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Während des Betriebs des Erkundungsbergwerks fällt Drainagewasser an, das im Bereich Grundwasser führender Schichten an Stellen in das Grubengebäude eindringt, die nicht vollständig gegen das Grundwasser abgedichtet sind und noch nicht verfüllt sind. Für ein Endlager im Tongestein in der Schweiz wurden in /NAGRA TB1301 2013/ anfallende Drainagewassermengen abgeschätzt. Es wird vorsorglich davon ausgegangen, dass in einem Endlager nach Standortauswahlgesetz eine Menge von 5 l/sec (ca. 63.000 m³ pro Jahr) Drainagewasser während der Offenhaltung anfällt, zu Tage gefördert und dort nach ggf. erforderlicher Klärung in den Vorfluter eingeleitet wird. Zum Vergleich: im Endlager Konrad fielen nach Angabe des Betreibers /BfS 2015b/ im Jahr 2013 ca. 22 m³/d Grubenwässer an (ca. 8.000 m³ pro Jahr), in Gewinnungsbergwerken, wie z. B. dem ehemaligen Gewinnungsbergwerk Zeche Zollverein im Ruhrgebiet ca. 13.000 m³ pro Tag (ca. 4.800.000 m³/a) /RAG 2015/. Umweltauswirkungen durch Drainagewasser wirken sich als **konventionelles Abwasser** aus, das in den Vorfluter abgeleitet wird. Konventionelle Abwässer entstehen auch durch die Entwässerung der Halde während des Erkundungsbetriebes.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch **konventionelles Abwasser** erfolgt im Kapitel 4.1.7, so dass dieser Wirkfaktor nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet wird.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Die emittierten Luftschadstoffe während des Betriebs eines Erkundungsbergwerks entsprechen denen, die auch bei dessen Errichtung emittiert werden. Hinzu kommen die Emissionen der Heizungsanlage. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm- und Erschütterungen

Beim Betrieb des Erkundungsbergwerks werden Schallimmissionen vor allem durch Transportfahrzeuge sowie oberirdisch betriebene Geräte und Maschinen verursacht. Zusätzlich können Schallemissionen und Erschütterungen beim Sprengen auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere ebenfalls negativ auswirken und Schäden an Gebäuden verursachen.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Beim Betrieb des Erkundungsbergwerks werden die Emissionen pro Zeiteinheit deutlich geringer sein als bei seiner Errichtung, da beispielsweise erheblich weniger Transporte vom Bergwerk zur Abraumhalde stattfinden. Insgesamt kann daher davon ausgegangen werden, dass relevante Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen weder entlang von Transportrouten noch in der Umgebung des Erkundungsbergwerks zu erwarten sind, wenn die Abraumhalden weiterhin abgedeckt oder feucht gehalten werden.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.3 dargestellt. Beim Betrieb des Erkundungsbergwerks wird der verursachte Lärm geringer sein als bei der Errichtung des Erkundungsbergwerks, da höchstens vereinzelt Transporte vom Bergwerk zur Abraumhalde stattfinden und viele lärmverursachende Tätigkeiten unter Tage stattfinden. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass weder am Standort noch entlang der Transportrouten relevante Auswirkungen durch Lärm auf Menschen und Tiere verursacht werden.

Lärm durch Sprengungen wird nur sporadisch verursacht, so dass keine relevanten Auswirkungen zu erwarten sind, es sei denn, die durch Sprengungen verursachten Erschütterungen reichen über den Standort hinaus.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Erschütterungen hängt von der Betroffenheit der Schutzgüter ab. Dabei sind die Abstände der nächsten Wohnbebauung bzw. anderer Schutzgüter wie Tiere von der jeweiligen Erschütterungsquelle relevant. Eine Bewertung der entstehenden potenziell relevanten Umweltauswirkungen ist unter Beachtung der vorhandenen Schutzgüter mit den bestehenden gesetzlichen Regelungen als Bewertungsmaßstab möglich.

5.1.2.3. Einstellung des Betriebes des Erkundungsbergwerkes

Die Einstellung des Betriebes zur untertägigen Erkundung des Standortes hat gemäß dem Bundesberggesetz (BBergG) /BBergG 2013/ auf Basis eines Abschlussbetriebsplans zu erfolgen. In dem Abschlussbetriebsplan sind die technische Durchführung und die zeitliche Planung der beabsichtigten Betriebseinstellung darzustellen. Außerdem ist der Nachweis zur Einhaltung der im BBergG genannten Voraussetzungen für die Einstellung des Betriebes zu erbringen. Darüber hinaus sind Angaben über eine Beseitigung der betrieblichen Anlagen und Einrichtungen oder über deren anderweitigen Verwendung erforderlich.

Mit der Einstellung des Betriebes des Erkundungsbergwerkes sind Arbeiten mit dem Ziel durchzuführen, die durch die Erkundung entstandenen möglichen Gefahren zu beseitigen oder auf ein vertretbares Restrisiko zu reduzieren sowie eine ökologisch weitgehend intakte und gemäß BBergG wieder nutzbare Umwelt herzustellen.

Ein übliches Konzept für die Verwahrung von Bergwerken sieht deren Flutung vor. So erfolgt durch Abschalten der Entwässerungspumpen die Flutung durch natürlichen Zulauf von Grundwasser in das Bergwerk z. B. bei Bergwerken in Tonstein oder Granit. In Bergwerken, die zur Salzgewinnung genutzt wurden, werden die Bergwerke mit gesättigter Salzlösung geflutet, um unerwünschte Lösungsprozesse zu vermeiden. Im Vorfeld der Flutung werden wassergefährdende Stoffe wie z. B. Öle, Fette und Chemikalien aus der Grube entfernt. Zur Vermeidung von Senkungen an der Tagesoberfläche werden ebenfalls im Vorfeld der Flutung gebirgsmechanisch instabile Bereiche bzw. Hohlräume mit geeigneten Versatzmaterialien verfüllt. Nach der Flutung erfolgt der Verschluss der Schächte, der eine Belastung des Grundwassers durch z. B. salzhaltige Lösung verhindert.

Folgende Tätigkeiten werden am Standort im Rahmen der Einstellung des Betriebes durchgeführt:

- Untertage erfolgt der Rückbau der betrieblichen Einrichtungen und die Verfüllung aller Hohlräume einschließlich der Schächte
- Übertage erfolgt der Rückbau aller Gebäude und Halden sowie die Rekultivierung

Wirkfaktoren

Während der Betriebseinstellung wird Verfüllmaterial angeliefert, ggf. auf einer Halde gelagert sowie am Standort aufbereitet und in die noch verbliebenen untertägigen Hohlräume eingebracht. Darüber hinaus entstehen durch die Abbrucharbeiten und den Abtransport von Bauschutt und Baustellenabfällen Emissionen von **Luftschadstoffen, Lärm** und **Erschütterungen**.

Ggf. anfallendes **konventionelles Abwasser** aus der Haldenentwässerung und aus untertägig anfallendem Abwasser (Drainagewasser) reduziert sich im Vergleich zum Betrieb des Erkundungsbergwerks durch den Abbau der Halde und wird daher nicht weiter betrachtet.

Die Landschaftsbildveränderung einschließlich Flächenentsiegelung der Einstellung des Betriebes ist eine Renaturierung und Anpassung an das Gesamtlandschaftsbild. Es entstehen daraus keine relevanten Umweltauswirkungen.

Durch die mit der Einstellung des Betriebs verbundene vollständige Verfüllung aller Hohlräume werden **Setzungen der Tagesoberfläche** reduziert bzw. minimiert.

Während der untertägigen Rückbauarbeiten, der Verfüllung der Hohlräume und der Verschlussmaßnahmen, z. B. beim Rückbau der Schachteinbauten, und der anschließenden Errichtung der Schachtabchlussbauwerke wird eine **Grundwasserabsenkung** vorzunehmen sein. Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch **Grundwasserabsenkung** und Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** erfolgt im Kapitel 4.1.7, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Die Umweltauswirkungen der beschriebenen Wirkfaktoren sind in den vorangestellten Kapiteln zur untertägigen Erkundung und zum Betrieb eines Erkundungsbergwerks beschrieben. Die Einstellung des Erkundungsbetriebes führt quantitativ zu geringeren Auswirkungen als das Auffahren des Erkundungsbergwerks. Bei der Einstellung des Betriebs des Erkundungsbergwerks reduzieren sich jedoch allmählich die Umweltauswirkungen bis zur Renaturierung des Geländes.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Die beschriebenen Wirkfaktoren Luftschadstoffe und Lärm, Grundwasserabsenkung und Abwasser, sind potenziell relevante Umweltauswirkungen der Einstellung des Betriebes des Erkundungsbergwerks, deren Minimierung im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen ist.

5.1.3. Überführung der Abfälle von den Zwischenlagerstandorten zum Endlagerstandort

Radioaktive Abfälle sind im verkehrsrechtlichen Sinne Gefahrgüter, von denen bei unsachgemäßer Handhabung und bei Transportunfällen Gefahren ausgehen können. Insbesondere können Personen, die sich funktionsbedingt oder zufällig im Nahbereich solcher Abfalltransporte aufhalten, durch die von den radioaktiven Abfällen ausgehende und die Behälterwandung (Abschirmung) durchdringende Reststrahlung exponiert werden. Weiterhin können Transportunfälle mit der Möglichkeit einer Aktivitätsfreisetzung und einer daraus folgenden Strahlenexposition von Personen und/oder unfallbedingten Umgebungskontaminationen nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden.

Zum Schutz vor den damit verbundenen Gefahren für die Allgemeinheit, insbesondere für Leben, Gesundheit, Sachgüter und die Umwelt, ist die Beförderung radioaktiver Stoffe oder Abfälle nur unter besonderen Schutz- und Vorsorgemaßnahmen zulässig /GRS 2010/.

Nach den für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe bzw. Abfälle maßgebenden Sicherheitsbestimmungen (z. B. para. 301 SSR-6, /IAEA 2012/) sind Schutz und Sicherheit zu optimieren, so dass die Höhe der Individualdosen, die Anzahl der exponierten Personen und die Wahrscheinlichkeit potenzieller (unfallbedingter) Expositionen unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und sozialer Faktoren so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar gehalten werden kann und die Personendosen unter den relevanten Dosisgrenzwerten liegen /GRS 2010/.

Die für die sichere Beförderung von radioaktiven Stoffen auf öffentlichen Verkehrswegen wichtigen Regelungen sind in den Gefahrgutvorschriften des Gesetzes über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz - GGBefG) /GGBefG 2013/ und den aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen festgelegt. Die Beförderung von Kernbrennstoffen und hochradioaktiven Abfällen und Quellen bedarf zudem einer Beförderungsgenehmigung nach § 4 AtG bzw. § 16 StrlSchV für sonstige radioaktive Stoffe.

Radioaktive Stoffe können, je nach zu befördernder Aktivität der radioaktiven Stoffe, mit unterschiedlichen Verpackungen und nach einem darauf abgestuften Sicherheitskonzept befördert werden. Grundsätzlich kommen folgende Versandstücktypen in Betracht:

- freigestelltes Versandstück,
- Industrierversandstück Typ 1 (IP-1),
- Industrierversandstück Typ 2 (IP-2),
- Industrierversandstück Typ 3 (IP-3),
- Typ A-Versandstück,
- Typ B(U)-Versandstück,
- Typ B(M)-Versandstück,
- Typ C-Versandstück,

wobei die Aktivität der in den Versandstücken transportierten radioaktiven Stoffe entsprechend der Liste in der Regel von oben nach unten zunimmt. Je nach Versandstücktyp ist die Menge der in einem Versandstück zu befördernden Aktivität begrenzt, entweder über die Transportvorschriften selbst oder, bei Typ B- und Typ C-Versandstücken, über deren Zulassung. Typ B- und Typ C-Versandstücke zählen dabei zu den unfallfesten Versandstücken, sie müssen nach Bestehen bestimmter, in den Transportvorschriften geregelter Prüfbedingungen vor Verwendung durch die zuständige Behörde zugelassen werden. Daneben kennen die Transportvorschriften weitere Prüfbedingungen für spezielle Verwendungen, z. B. zum Transport von UF₆ oder spaltbaren Stoffen (ab IP-2).

Der Transport hochradioaktiver bzw. Wärme entwickelnder Abfälle ist ausschließlich mit bauartgeprüften Behältern für die Verkehrsträger Straße, Eisenbahn, Binnen- und Seeschifffahrt zulässig. Typ C-Versandstücke sind nur für den Lufttransport von radioaktiven Stoffen mit einem hohen Aktivitätsinventar vorgesehen. Die bisherigen Transporte erfolgten bis auf wenige Ausnahmen ausschließlich per Schiene. Lediglich das letzte Teilstück des Transportes erfolgt per Straße, sofern kein direkter Schienenanschluss an das Zwischenlager besteht. Bisher wurden in

Deutschland etwa 130 Typ B Behälter mit bestrahlten Brennelementen aus Leistungsreaktoren oder verglasten hochradioaktiven Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung in Frankreich über öffentliche Verkehrswege in zentrale Zwischenlager befördert. Bei der Überführung der Abfälle ins Eingangslager eines Endlagers sind knapp 1400 Typ B Behälter zu transportieren /NaPro2015/ sowie ggf. einige hundert Behälter mit Brennelementen aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren, die deutlich geringere Abmessungen haben. Pro Beförderungsvorgang können mehrere Behälter transportiert werden. Lediglich beim Straßentransport von Großbehältern ist nur ein Gebinde pro LKW möglich.

Wirkfaktoren

Beim Transport Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle treten als konventionelle Wirkfaktoren im Wesentlichen **Luftschadstoffe** sowie **Lärm und Erschütterung** auf /GRS 2008/. Im Rahmen der vorliegenden generischen Betrachtungen der SUP ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Zahl der Transporte Wärme entwickelnder Abfälle nur einige hundert Beförderungsvorgänge umfasst, die zeitlich über mehrere Jahre gestaffelt erfolgen. Daher ergibt sich entlang des Beförderungsweges – unabhängig vom Verkehrsträger – keine nennenswerte Erhöhung des Transportaufkommens. Die genannten konventionellen Wirkfaktoren sind daher hier nicht weiter zu betrachten.

Darüber hinaus muss der radiologische Wirkfaktor **Direktstrahlung** in Abhängigkeit der Eigenschaften des zu transportierenden radioaktiven Stoffes sowie des verwendeten Transportbehälters betrachtet werden. Die potenzielle Relevanz dieser Wirkfaktoren hängt dabei primär von den gewählten Verkehrsträgern sowie der notwendigen Anzahl und Dauer der Transporte ab.

Des Weiteren ist der Wirkfaktor **Direktstrahlung und Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Transportunfällen** im Hinblick auf die daraus resultierenden Strahlenexpositionen der Bevölkerung zu betrachten.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Der Wirkfaktor „Direktstrahlung“ ist in einem Untersuchungsraum von wenigen hundert Metern um die Transportrouten sowie die Zufahrtswege und Tagesanlagen eines Endlagers relevant. Die aus der Direktstrahlung resultierende Dosis ist von der Aktivität und Nuklidzusammensetzung der Quellen abhängig und kann gemäß ALARA-Prinzip durch Vergrößerung des Abstandes, Verstärkung der Abschirmung und/oder Reduzierung der Aufenthaltszeit minimiert werden. Für Personen der Bevölkerung ist die Exposition durch Direktstrahlung auf den Aufenthalt entlang der Transportstrecke und der Dauer der Vorbeifahrt an der Person begrenzt. Durch ausreichenden Abstand und Abschirmung können daher Auswirkungen auf die Menschen und die Umwelt reduziert bzw. vermieden werden /GRS 2008/.

Direktstrahlung und Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Transportunfällen

Bei den für die Beförderung Wärme entwickelnder Abfälle zu verwendenden unfallfesten Behältern ist im Rahmen des Zulassungsverfahrens nachzuweisen, dass es selbst bei den in den Transportvorschriften festgelegten Prüfkriterien nicht zur Überschreitung der zulässigen Grenzwerte der Strahlenexposition durch Freisetzung radioaktiver Stoffe kommt. Dabei werden verschiedene Unfallszenarien und Folgebeanspruchungen unterstellt. Eine äußere Exposition durch Direktstrahlung für Personen der Bevölkerung durch Gamma- und Neutronenstrahlung kann durch

Zutrittsverhinderung zum Unfallort vermieden werden und wird daher nur für mit der Bergung beschäftigte Personen betrachtet.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Für die Direktstrahlung infolge von Transporten gelten die bereits heute festgelegten Grenzwerte für Ortsdosisleistungen an der Gebindeoberfläche. Durch wechselnde Transportrouten und reduzierte Standzeiten während der Transporte kann die Strahlenexposition für Anwohner minimiert werden. Transporte mit radioaktivem Gefahrgut erfolgen seit langem unter Einhaltung der Grenzwerte und des Minimierungsgebotes, so dass potenziell relevante Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit nicht zu erwarten sind /GRS 2008/.

Direktstrahlung und Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Transportunfällen

Für die nach einem nicht ausschließbaren Unfall mit der Bergung Beschäftigten kann durch Nutzung von Dosisleistungsmessgeräten und direkt ablesbaren Personendosimetern sichergestellt werden, dass die Exposition durch Direktstrahlung der Behälter nicht die gemäß Strahlenschutzverordnung zulässigen Grenzwerte für Einzelpersonen der Bevölkerung überschreitet. Da solche Transportunfälle außerdem eher unwahrscheinlich sind, sind im Rahmen der Betrachtungen der SUP potenziell relevante Auswirkungen nicht zu berücksichtigen.

5.1.4. Aufbewahrung der Abfälle im Eingangslager des Endlagers

Das Eingangslager an einem Standort für ein Endlager nach Standortauswahlgesetz dient der zeitlichen Pufferung der in Transport- und Lagerbehältern angelieferten bestrahlten Brennelemente und der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung. Damit wird die Voraussetzung geschaffen, mit der Räumung der bestehenden Zwischenlager zu beginnen. Des Weiteren sollen diese Abfälle am Endlagerstandort endlagergerecht konditioniert und in geeignete Endlagerbehälter verpackt werden. Je nach Endlagerkonzept könnten als Endlagerbehälter gegebenenfalls die Transport- und Lagerbehälter genutzt werden. Das NaPro sieht die Genehmigung des Eingangslagers mit der ersten Teilgenehmigung für das Endlager vor /NaPro 2015/. Es wird davon ausgegangen, dass das Eingangslager etwa 500 Stellplätze für Transport- und Lagerbehälter mit bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung besitzt, die eine gestaffelte Auslagerung aus den Zwischenlagern ermöglichen. Folgende Tätigkeiten erfolgen am Standort:

- Die Errichtung beinhaltet den Bau des Eingangslagers, inklusive Wartungsgebäude, und einer Straße zur Umfahrung und Infrastrukturanbindungen an den Endlagerstandort über einen angenommenen Zeitraum von zwei bis drei Jahren.
- Während des Betriebs werden Transportbehälter angenommen, in das Eingangslager eingelagert und sukzessive innerbetrieblich zur Konditionierungsanlage gebracht. Annahme, Einlagerung und Auslagerung von Transportbehälter erfolgen mit radiologischen Kontrollen (Dosisleistungsmessung, Wischtests) und Kontrollen der Behälter auf Dichtheit und äußere Beschädigungen. Sofern erforderlich, können in einer Behälterwartungsstation äußere Reparaturen durchgeführt werden (z. B. Tragzapfenwechsel, Aufschweißen eines Fügedeckels, Wechsel des Sekundärdeckels).
- Nach Beendigung des Betriebs des Eingangslagers kann das Gebäude, nach entsprechenden Prüfungen, aus der atomrechtlichen Aufsicht entlassen und kann anschließend konventionell zurückgebaut oder anderweitig genutzt werden. Es ist nicht mit radioaktiven Kontaminationen

oder Aktivierungen der Bauteile zu rechnen, die als radioaktiver Abfall zu entsorgen wären. Daher würde ein Rückbau in etwa zwei Jahren realisierbar sein.

Wirkfaktoren

Die **Flächeninanspruchnahme** wird in Analogieschluss zur Größe des Transportbehälterlagers in Ahaus und der Standortzwischenlager /BfS 2015a/ auf etwa 10.000 m² abgeschätzt, von denen etwa Dreiviertel auf die Fläche des Lagergebäudes und ein Viertel auf Flächen für Zuwegungen und andere Infrastruktur entfallen.

Durch eine geschätzte Gebäudehöhe von 20 m und eine Gebäudelänge von gut 200 m entsteht **Raumwirkung**.

Emissionen von **Luftschadstoffen und Schall** entstehen während der Errichtung und während eines Abrisses des Eingangslagers durch LKW-Verkehr und Baumaschinen. Aus Erkenntnissen zur Errichtung der Standortzwischenlager /BfS 2015a/ wird das LKW-Aufkommen während der Bauphase mit 20-40 LKW pro Tag abgeschätzt. In Spitzenzeiten ist kurzfristig mit einem Tagesaufkommen von 125 LKW zu rechnen. Während des Betriebs des Eingangslagers werden bei Ein- und Auslagervorgängen Förderfahrzeuge und der Hallenkran betrieben. Die damit verbundenen Luftschadstoff- und Schallemissionen sind vor dem Hintergrund des übergreifenden Charakters der SUP des NaPro nicht relevant.

In Abhängigkeit vom Standort ist ggf. eine zeitlich auf einige Monate begrenzte **Grundwasserabsenkung** während der Gründungsarbeiten für das Zwischenlagergebäude zu berücksichtigen. Eine lokale Absenkung des Grundwasserspiegels von maximal einigen Metern kann in Abhängigkeit von den hydrologischen Bedingungen am Standort einen Absenktrichter mit einer Reichweite von wenigen Metern bis wenigen hundert Metern um die Baugrube erzeugen.

Die Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** würde in ein nahe gelegenes Fließgewässer oder in die Regenwasserkanalisation oder als Versickerung vor Ort erfolgen.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch **Grundwasserabsenkung** und Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** erfolgt im Kapitel 4.1.7, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Während des Betriebes des Eingangslagers entsteht **Wärmeeintrag** in den Untergrund, der zur Erwärmung des Bodens um das Eingangslager herum und zur Erwärmung des Grundwassers führt. Für die Standortzwischenlager in Deutschland wurden Erwärmungen des Bodens neben den Gebäuden von einigen K (ca. 5 K) und Erwärmungen des Grundwassers von bis zu 15 K prognostiziert /BfS 2015a/. Der durch ein Eingangslager eines Endlagers für Wärme entwickelnde Abfälle erfolgende Wärmeeintrag in den Boden und das Grundwasser wird, da das Eingangslager wesentlich mehr Behälterstellplätze besitzt als ein Standortzwischenlager, einen größeren räumlichen Bereich betreffen. Andererseits ist die pro Behälter zu berücksichtigende Wärmeleistung auf Grund des Abklingverhaltens des radioaktiven Inventars geringer als zum Zeitpunkt der Genehmigung der Standortzwischenlager.

Der Betrieb des Eingangslagers führt zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung). Die Lagerung und Verwendung sonstiger radioaktiver Stoffe (z. B. Prüfstrahler) ist im Hinblick auf Direktstrahlung nicht relevant.

Durch z.B. Behälterwartung während des Betriebs fallen flüssige und feste radioaktive Reststoffe an. Basierend auf Genehmigungswerten bestehender Zwischenlager kann davon ausgegangen werden, dass nach der Freimessung aller anfallenden radioaktiven Reststoffe jährlich bis etwa 200 l flüssiger **radioaktiver Betriebsabfall** und 50 kg fester **radioaktiver Betriebsabfall** anfallen können.

Der Betrieb des Eingangslagers ist nicht mit der **Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)** von radioaktiven Stoffen verbunden, da die Transportbehälter über zwei Deckeldichtungen technisch dicht sind und im Eingangslager nicht geöffnet werden. Sofern eine der Deckeldichtungen versagt, kann diese erneuert oder ein Fügedeckel aufgeschweißt werden.

Der Betrieb des Eingangslagers beinhaltet Risiken durch mögliche **Störfälle**.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von 10.000 m² führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der Fläche. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten oder ein Schutzgebiet betroffen sind.

Raumwirkung

Das Gebäude des Eingangslagers gehört zum Ensemble des Endlagers. Raumwirkungen des Endlagerstandortes werden in Kapitel 5.1.6.1 betrachtet.

Luftschadstoffe

Bei der Errichtung und beim Rückbau des Eingangslagers werden Luftschadstoffe, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten emittiert. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird bei der Errichtung und beim Rückbau des Eingangslagers auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm ist bezüglich seiner Wirkung auf Menschen und Tiere zu berücksichtigen. Erschütterungen können bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten und sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken sowie Schäden an Gebäuden verursachen.

Wärmeeintrag

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens sind durch eine Erwärmung um einige K nicht beeinträchtigt. Ein Wärmeeintrag in den Boden unterhalb des Eingangslagers und um das Eingangslager herum wirkt sich auf die Lebensraumfunktion des Bodens aus. Bodenorganismen, deren Temperaturtoleranz überschritten wird, können diesen Lebensraum nicht nutzen.

Dem Wärmeeintrag in das Grundwasser wirken der Einfluss des Klimas und die Durchmischung des Grundwassers entgegen. Die Erwärmung des Grundwassers wirkt sich auf folgende Eigenschaften des Grundwassers aus: Viskosität, Sauerstofflöslichkeit, Karbonatausfällung, pH-Wert, Mobilisierung von organischen Molekülen und Schwermetallen sowie Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften /Griebler et. al 2014/. Eine Erwärmung des Grundwassers um 10 K führt zu einer Verdoppelung bzw. Verdreifachung der Geschwindigkeit der physiologischen Vorgänge in Mikroorganismen /RIT 1977/. Veränderungen des Stoffwechsels der Mikroorganismen

wechselwirken mit Einflüssen der Erwärmung des Grundwassers auf seine physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Direktstrahlung

Das Eingangslager ist an einem Standort für ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle zunächst der größte Emittent von Direktstrahlung.

Radioaktiver Betriebsabfall

Die Menge des während der Betriebszeit des Eingangslagers anfallenden radioaktiven Betriebsabfalls ist im Vergleich zum radioaktiven Abfall der Konditionierungsanlage gering. Es ist davon auszugehen, dass am Standort eine zentrale Behandlung der anfallenden radioaktiven Betriebsabfälle erfolgt, die überwiegend im Rahmen der Konditionierung anfallen. Die Umweltauswirkungen durch am Standort anfallende radioaktive Abfälle werden daher in Kapitel 5.1.5 betrachtet.

Störfälle

Die Auslegung des Eingangslagers gegen Einwirkungen von innen und Einwirkungen von außen ist Gegenstand der Nachweisführung und Prüfungen im konkreten Genehmigungsverfahren.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von etwa 10.000 m² ist als potenziell erhebliche Umweltauswirkung zu bewerten. Es besteht die Pflicht zur Kompensation und zum Ausgleich.

Möglichkeiten der Minimierung des Eingriffs insbesondere im Hinblick auf geschützte Arten und Schutzgebiete bestehen vor allem bei der Auswahl des gesamten Standortes für die obertägigen Anlagen eines Endlagers einschließlich des Eingangslagers.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Die Errichtung des Eingangslagers ist hinsichtlich der möglichen Auswirkungen direkt vergleichbar mit dem Bau von Zwischenlagern. Das aufgrund der Größe insgesamt höhere Transportaufkommen relativiert sich durch die längere Bauzeit.

Ab einem Abstand von einem Kilometer sind durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten, wenn Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Nutzungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.

Werden Ortschaften umfahren und führt die Route nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung durch Transporte selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum Vorhaben und an Transportrouten des vorhabensbedingten Verkehrs können potenziell relevante Umweltauswirkungen bestehen, die im Rahmen der UVP des Vorhabens zu betrachten sind.

Lärm und Erschütterungen

Die Errichtung des Eingangslagers ist hinsichtlich der möglichen Auswirkungen direkt vergleichbar mit dem Bau von Zwischenlagern. Das aufgrund der Größe insgesamt höhere Transportaufkommen relativiert sich durch die längere Bauzeit.

Entsprechend den Ausführungen zum Bewertungsrahmen in Kapitel 4.1.3 können Auswirkungen auf den Menschen insbesondere in einem Abstand von weniger als 1 km als potenziell relevante Umweltauswirkungen zu berücksichtigen sein.

Erschütterungen, beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen, reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, so dass keine relevante Auswirkungen auf Menschen und Tiere zu erwarten sind.

Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgelände, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen generell nicht zu erwarten.

Die potenziell relevanten Umweltauswirkungen sind in einer projektspezifischen UVP des Vorhabens konkret zu ermitteln und im Hinblick auf mögliche Minimierungen zu betrachten.

Wärmeeintrag

Die Erwärmung des Bodens um das Eingangslager wirkt sich auf die Lebensraumfunktion des Bodens aus. Ein Wärmeeintrag in den Boden wird durch den Einfluss der jahreszeitlich schwankenden Lufttemperatur abgeschwächt. Über eine Ausgleichsmaßnahme zur Flächeninanspruchnahme sind durch den Bau des Eingangslagers hervorgerufene Lebensraumverluste des Bodens bereits berücksichtigt. Der Boden um das Eingangslager und seiner voraussichtlich vorhandenen Umfahrung ist am Ende der Baumaßnahmen anthropogen überformt, sodass eine Erwärmung des Bodens - unter der Voraussetzung, dass diese nur im Bereich von einigen K liegt - im Rahmen der SUP des NaPro als nicht potenziell relevante Umweltauswirkung zu bewerten ist.

Temperaturschwankungen des Grundwassers um 10 K innerhalb des Temperaturbereichs von 6 bis 16°C führen nicht zu Veränderungen der chemischen Wasserqualität /Possermiers et al 2014/. /Griebler et. al. 2014/ gehen davon aus, dass Temperaturerhöhungen um etwa 4 K zu signifikanten Veränderungen der Ökosystemfunktionen des Grundwassers führen. Als Bagatellschwelle für eine Erwärmung des Grundwassers ist nach derzeitigem Stand der Wissenschaft 4 K anzusetzen.

Es kann nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, dass der durch das Eingangslager induzierte Wärmeeintrag in das Grundwasser 4 K überschreitet. Daher können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Wärmeeintrag nicht ausgeschlossen werden. Es könnten Maßnahmen der Minimierung z. B. durch den Einbau von wärmeisolierenden Schichten in die Bodenplatte des Eingangslagers erforderlich werden. Darüber hinaus könnten die Stellflächen der Behälter im Eingangslager so ausgeführt werden, dass darunter Luft zirkuliert, sodass ein direkter Wärmeeintrag in den Untergrund nicht erfolgt.

Direktstrahlung

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.4 dargestellt. Die Emission der Direktstrahlung des Eingangslagers wird durch messtechnische Überprüfung kontrolliert. Die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung sind einzuhalten.

Konkrete Maßnahmen der Minimierung im Hinblick auf reale Aufenthaltszeiten von als nicht strahlenexponiert eingestuft Personen am Standort des Endlagers und von Personen im

öffentlich zugänglichen Bereich könnten realisiert werden. Im Rahmen der SUP des NaPro wird die Direktstrahlung des Eingangslagers als potenziell relevante Umweltauswirkung bewertet.

Störfälle

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.7 dargestellt. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens sind diese potenziell relevanten Umweltauswirkungen auf Basis einer Störfallanalyse zu betrachten.

5.1.5. Endlagergerechte Konditionierung am Endlagerstandort

Vor der Einlagerung in einem Endlager nach Standortauswahlgesetz müssen die Wärme entwickelnden Abfälle in einer großtechnischen Anlage mit entsprechendem Durchsatz behandelt und/oder umgepackt werden.

Die bestehende Pilot-Konditionierungsanlage Gorleben (PKA) mit einem geplanten Durchsatz von 35 Mg SM pro Jahr wurde errichtet, um die Konditionierung von bestrahlten Brennelementen und Wärme entwickelnden Abfällen für die Endlagerung zu erproben und zu demonstrieren. Die Anlage war für die Instandhaltung und Servicefunktion für Transport- und Lagerbehälter (Annahme und Reparatur eines schadhaften Behälters) vorgesehen /BMUB 2014/. Vor dem Hintergrund der durch das Standortauswahlgesetz definierten Randbedingungen müssen die Konzepte zur Konditionierung und Einlagerung in Abhängigkeit von der künftigen Endlagerformation ggf. teils angepasst oder neu entwickelt werden. Folgende Tätigkeiten erfolgen an einem Endlagerstandort:

- Die Errichtung der Konditionierungsanlage beinhaltet den Bau des Gebäudes und die Herstellung der Infrastrukturanbindungen an den Endlagerstandort über einen angenommenen Zeitraum von 2 bis 3 Jahren.
- Während des Betriebs werden die Transport- und Lagerbehälter sukzessive aus dem Eingangslager entnommen und in einer heißen Zelle der Konditionierungsanlage fernbedient geöffnet. Die Brennelemente können zerlegt werden, um eine dichtere Packung im Endlagerbehälter zu ermöglichen. Die Annahme der Transport- und Lagerbehälter und die Abgabe der Endlagerbehälter für eine Einlagerung ist mit radiologischen Kontrollen (Dosisleistungsmessung, Wischtests) und Kontrollen der Behälter auf Dichtheit und äußere Beschädigungen verbunden.
- Hinsichtlich der Stilllegung der Konditionierungsanlage gelten die zum Eingangslager gemachten Ausführungen entsprechend. Dabei sind allerdings radioaktive Kontaminationen und ggf. auch Aktivierungen von Bauteilen nicht auszuschließen, die als radioaktive Abfälle zu entsorgen wären. Daher würde ein Rückbau ähnlich wie der Rückbau anderer kerntechnischer Anlagen einige Jahre in Anspruch nehmen.

Wirkfaktoren

Das Gebäude hat etwa folgende Maße: 125 m (Länge), 70 m (mittlere Breite) und 20 m (Höhe) und damit eine **Flächeninanspruchnahme** von etwa 8.750 m² /NUKEM 1984/.

Durch eine geschätzte Gebäudehöhe von 20 m und eine Gebäudelänge von 125 m entsteht **Raumwirkung**.

Emissionen von **Luftschadstoff- und Lärm** entstehen während der Errichtung und während eines Abrisses des Eingangslagers durch LKW-Verkehr und Baumaschinen. Aus Erkenntnissen zur

Errichtung von Standortzwischenlagern /BfS 2015a/ wird das LKW-Aufkommen während der Bauphase mit 20-40 LKW pro Tag abgeschätzt. In Spitzenzeiten ist kurzfristig mit einem Tagesaufkommen von 125 LKW zu rechnen. Während des Betriebs der Konditionierungsanlage werden zum Behältertransport Förderfahrzeuge sowie Hallenkräne betrieben. Die damit verbundenen Luftschadstoff- und Schallemissionen sind im Kontext der übergeordneten Betrachtungen in der SUP nicht relevant.

Eine Konditionierungsanlage wird einige Meter unter Geländeoberkannte (ca. 10 m) gegründet /NUKEM 1984/, so dass während der Gründungsarbeiten von einer **Grundwasserabsenkung** am Standort auszugehen ist. Die Grundwasserabsenkung würde vorübergehend über einige Monate erfolgen. Eine lokale Absenkung des Grundwasserspiegels von maximal einigen Metern kann in Abhängigkeit von den hydrologischen Bedingungen am Standort einen Absenktrichter mit einer Reichweite von wenigen Metern bis einigen hundert Metern um die Baugrube erzeugen.

Die Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** würde in ein nahe gelegenes Fließgewässer oder in die Regenwasserkanalisation oder als Versickerung vor Ort erfolgen.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch **Grundwasserabsenkung** und Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** erfolgt im Kapitel 4.1.7, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage führt zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung). Die Lagerung und Verwendung sonstiger radioaktiver Stoffe (z. B. Prüfstrahler und radioaktive Betriebsabfälle) ist im Hinblick auf Direktstrahlung nicht relevant.

Während des Konditionierungsbetriebes fallen **radioaktive Betriebsabfälle** an. Dabei handelt es sich um Wischtücher, Putzlappen, Schutzkleidung, Filtereinsätze der Lüftungs- und Abgasanlagen, Teile der Komponentenverschrottung und zementierte flüssige Abfälle /NUKEM 1984/. Diese Abfälle werden verpackt, konditioniert und bis zu ihrer Endlagerung zwischengelagert. Hinzu kommen auch Abfälle aus der Transportabfertigung im Eingangslager. Bei einem Rückbau der Konditionierungsanlage fallen im Vergleich zu den insgesamt anfallenden Baumassen geringe Mengen an radioaktiven Abfällen bei der Dekontamination an, die einer Endlagerung zuzuführen sind. Im Vergleich zur Gesamtmenge der im NaPro betrachteten Menge an radioaktiven Abfällen ist die Menge der am Endlagerstandort und nachfolgendem Rückbau anfallenden radioaktiven Abfälle gering, so dass eine weitere Betrachtung von Umweltauswirkungen nicht erfolgt.

Durch den Betrieb einer Konditionierungsanlage kommt es zur **Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)**. In /NUKEM 1984/ wurden Emissionen aus einer Konditionierungsanlage für bestrahlte Brennelemente abgeschätzt, wobei von einem Durchsatz von 1.311 Brennelementen im Jahr und einer Defektrate von 1 % der Stäbe ausgegangen wurde. Eine Zerlegung von Stäben wurde nicht unterstellt. Es wurde unter den genannten Bedingungen folgende Ableitungen in die Umgebungsluft abgeschätzt:

Nuklid	Inventar [Bq/a]
H-3	2,6E11
Cobalt-60	7,7E6
Nikel-63	1,9E6
Krypton-85	9,3E13
Iod-129	9,8E5
Cäsium-137	2,7E6
Plutonium-239	9,3E3

Die Kapazität der in /NUKEM 1984/ zugrunde gelegten Konditionierungsanlage wäre für die Konditionierung der Wärme entwickelnden Abfälle ausreichend, so dass von Ableitungswerten in der genannten Größenordnung für die weiteren Betrachtungen ausgegangen werden kann.

Während des Betriebes fallen radioaktive Flüssigkeiten an, im Wesentlichen Dekontflüssigkeiten überwiegend mit Cobalt-60 und Cäsium-137. Höher aktive Flüssigkeiten sollten dem radioaktiven Abfall zugeführt werden, die übrigen nach Sammlung, ggf. Reinigung und Ausmessung als **Emission radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)** abgeleitet werden. Es fallen etwa 550 m³/a an /NUKEM 1984/. Für die Ableitung gelten die Grenzwerte der StrlSchV. Die Ableitung radioaktiver Stoffe beinhaltet als stoffgebundene Ableitung und auf Grund zusätzlicher konventioneller Stoffe (z. B. Rückstände von Reinigungssubstanzen) eine Ableitung als **konventionelles Abwasser**. Die Bewertung des Wirkfaktors konventionelles Abwasser erfolgt im Kapitel 4.1.7 und wird nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage beinhaltet Risiken möglicher **Störfälle**.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von 8.750 m² führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der betroffenen Fläche. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten und ein Schutzgebiet betroffen sind.

Raumwirkung

Die Konditionierungsanlage gehört zum Ensemble aller Gebäude des Endlagers. Raumwirkungen des Endlagerstandortes werden in Kapitel 5.1.6.1 betrachtet.

Luftschadstoffe

Bei der Errichtung und beim Rückbau der Konditionierungsanlage werden Luftschadstoffe, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten emittiert. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird bei der Errichtung und beim Rückbau der Konditionierungsanlage auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können bei Arbeiten zur Baugrundverbesserung auftreten (z. B. Herstellung von Rüttelstopfsäulen) und sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken sowie Schäden an Gebäuden verursachen.

Direktstrahlung

Im Vergleich zum Eingangslager (vgl. 5.1.4) ist die Emission von Direktstrahlung durch die Konditionierungsanlage geringer, da in der Anlage gleichzeitig nur wenige Behälter mit Wärme entwickelnden Abfällen gehandhabt werden. Die Direktstrahlung wirkt sich im Wesentlichen auf Menschen in der Anlage und auf dem Betriebsgelände aus.

Radiologische Emissionen über den Luft- und Wasserpfad

Durch die Emissionen radioaktiver Stoffe sind Strahlenexpositionen von Menschen, Tieren und Pflanzen möglich. Andere Schutzgüter sind durch diese abgedeckt, da bei einer zum Schutz des Menschen sowie von Tieren und Pflanzen ausreichend niedrigen Dosis keine nachteilige Beeinflussung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Luft oder Sachgütern möglich ist.

Störfälle

Störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen durch Einwirkungen von Innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand etc.) sowie von außen (Erdbeben etc.) können nicht ausgeschlossen werden, insbesondere wenn bei der Konditionierung ein Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen erfolgt.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von etwa 8.750 m³ ist als potenziell erhebliche Umweltauswirkung zu bewerten. Es besteht die Pflicht zur Kompensation und zum Ausgleich.

Möglichkeiten der Minimierung des Eingriffs insbesondere im Hinblick auf geschützte Arten und Schutzgebiete bestehen vor allem bei der Auswahl des gesamten Standortes für die obertägigen Anlagen des Endlagers einschließlich der Konditionierungseinrichtungen.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Die Errichtung der Konditionierungsanlage ist hinsichtlich der möglichen Auswirkungen vergleichbar mit dem Bau von Zwischenlagern. Das aufgrund der Größe insgesamt höhere Transportaufkommen relativiert sich durch eine längere Bauzeit.

Ab einem Abstand von einem Kilometer sind durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs keine relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten, wenn Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.

Werden Ortschaften umfahren und führt die Route zum Transport von Baumaterial nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum Vorhaben können potenziell relevante Umweltauswirkungen bestehen, die im Rahmen der UVP des Vorhabens zu betrachten sind.

Lärm und Erschütterungen

Die Errichtung der Konditionierungsanlage ist vergleichbar mit bestehenden Erfahrungen zum Bau von Zwischenlagern. Das aufgrund der Größe insgesamt höhere Transportaufkommen relativiert sich durch die längere Bauzeit.

Entsprechend den Ausführungen zum Bewertungsrahmen in Kapitel 4.1.3 können Auswirkungen auf den Menschen insbesondere in einem Abstand von weniger als 1 km als potenziell relevante Umweltauswirkungen bestehen.

Erschütterungen beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen reichen nicht über das Anlagengelände hinaus.

Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgelände, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen generell nicht zu erwarten.

Die potenziell relevanten Umweltauswirkungen sind in einer projektspezifischen UVP des Vorhabens im Hinblick auf mögliche Minimierungen zu betrachten.

Direktstrahlung

Die Emission der Direktstrahlung der Konditionierungsanlage wird durch messtechnische Überprüfung kontrolliert. Die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung sind einzuhalten.

Konkrete Maßnahmen der Minimierung im Hinblick auf reale Aufenthaltszeiten von Personen am Standort der Konditionierungsanlage, die als nicht strahlenexponiert eingestuft sind, und von Personen im öffentlich zugänglichen Bereich können realisiert werden. Im Rahmen der SUP des NaPro wird die Direktstrahlung der Konditionierungsanlage als potenziell relevante Umweltauswirkung bewertet.

Emission radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad

Für den Betrieb einer Konditionierungsanlage werden Ableitungswerte festgelegt, die die erwarteten Ableitungen abdecken und die Einhaltung der Grenzwerte der StrlSchV gewährleisten. Die Ableitungswerte wären unter der Voraussetzung eines Durchsatzes von 1.311 Brennelementen im Jahr, einer Defektrate von 1 % der Stäbe und unter der Voraussetzung, dass das Zerlegen der Brennstäbe nicht erfolgt, nicht höher als die Ableitungswerte für in Betrieb befindliche Kernkraftwerke in Deutschland. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass bei ähnlicher Kaminhöhe und ähnlich großem eingezäunten Gelände die Dosisgrenzwerte durch eine zukünftige Konditionierungsanlage für Wärme entwickelnde Abfälle deutlich unterschritten werden können. Die erwarteten Ableitungen mit der Abluft können durch verbesserte Filtertechnik für aerosolförmige Radionuklide und Iod-129 verringert werden. Bei den Ableitungen mit dem Abwasser kann der Ableitungswert so gewählt werden, dass die Dosisgrenzwerte eingehalten werden und alle dann nicht ableitbaren Abwässer weiter gereinigt oder nach Behandlung der Endlagerung zugeführt werden.

Bei Einhaltung dieser Vorgaben ist gemäß den Untersuchungen in /Küppers et al. 2012/ für die hier relevanten langlebigen Radionuklide davon auszugehen, dass die Dosisbegrenzung für den Menschen gemäß StrlSchV potenzielle nachteilige Wirkungen auf Populationen von Tieren und Pflanzen abdeckt. Eine insbesondere zur Vorsorge gebotene weitere Reduzierung der potenziellen Umweltauswirkungen ist bei geeigneter Standortwahl möglich (Abstand zu Wohnbebauung, Abstand zu Orten mit langfristigem Aufenthalt von Personen, Größe des Vorfluters).

Die Ableitungen der Konditionierungsanlage über den Luft- und Wasserpfad sind eine potenziell relevante Umweltauswirkung, deren Minimierungsmöglichkeiten im Rahmen der Genehmigung zu berücksichtigen sind.

Störfälle

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.7 dargestellt. Eine Konditionierungsanlage beinhaltet Störfallrisiken, gegen die Vorsorge zu treffen ist. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die

Minimierung von Störfallrisiken als Quelle potenziell relevanter Umweltauswirkungen auf Basis einer Risikoanalyse zu berücksichtigen.

5.1.6. Endlagerung insbesondere der Wärme entwickelnden Abfälle

5.1.6.1. Errichtung des Endlagers

Die Errichtung des Endlagers nach Standortauswahlgesetz erfolgt im Gebiet eines bereits untertägig erkundeten Standorts. Dabei werden weitere Gebäude errichtet sowie Verkehrsflächen und Infrastrukturen erweitert bzw. neu angelegt. Der Standort erhält einen Gleisanschluss.

Da nicht zwingend davon auszugehen ist, dass das Endlager durch den weiteren Ausbau des durch die untertägige Erkundung bereits vorhandenen Erkundungsbergwerks erstellt werden kann (vgl. z. B. das geplante Endlager am französischen Standort Bure), wird vorsorglich angenommen, dass ein vollständig neues Bergwerk aufgefahren wird, analog zu der in Kapitel 5.1.2.1 skizzierten Vorgehensweise. Es wird angenommen, dass die Errichtung des Endlagers über einen Zeitraum von etwa 10 Jahren erfolgen wird.

Wirkfaktoren

Am Standort entsteht durch den Ausbau der Gebäude weitere **Flächeninanspruchnahme**. Für die oberirdische Anlage ist von einer Erweiterung der Flächeninanspruchnahme auf bis zu 80.000 m² auszugehen /NAGRA TB1101 2011a/. Hinzu käme eine Erweiterung der Fläche für die Halde auf bis zu 200.000 m².

Emissionen von **Luftschadstoffen und Lärm** erfolgen durch intensive Verkehrsbewegungen zur Anlieferung von Baumaterial und zum Abtransport von Abraum. Weitere Luftschadstoff- und Lärmemissionen entstehen durch den Betrieb von Baumaschinen und –fahrzeugen. Das Endlagerkonzept der Schweiz geht während der Errichtung des Endlagers, die dort über drei Jahre erfolgen soll, von 400.000 m³ Ausbruch aus, der mit 50 LKW pro Tag (12 m³/LKW) zu Deponien abtransportiert wird. Der Anlieferung von Baumaterial (65.000 m³ Beton) soll mit 8 LKW/Tag erfolgen /NAGRA TB0202 2002/. Die Menge des Ausbruchmaterials ist abhängig vom Wirtsgestein und den geologischen Bedingungen. Die zu vier Vorschlägen für Endlagerstandorte im Opalinuston in der Schweiz berechnete Menge an Gesamtausbruch variiert um den Faktor 2 und liegt zwischen 1 bis 2 Mio. m³ festes Material /NAGRA TB1101 2011b/.

Die Errichtung von Gebäuden mit einer Höhe von 25 m und einer gegebenenfalls sichtbaren Gebäudefront von einigen hundert Metern /NAGRA TB0202 2002/, zwei Kaminen und zwei Schachtgebäuden mit Höhen von 40 bis 60 m sowie die Errichtung einer Halde führen zu **Raumwirkung** im Landschaftsbild.

Während der Errichtung von Gebäuden können vorübergehend **Grundwasserabsenkungen** erforderlich sein. Das geförderte Grundwasser sowie Sickerwasser aus der Haldenentwässerung werden nach vorheriger Behandlung (Klärung, Fällung, Absetzung) in einen Vorfluter als **konventionelles Abwasser** gelangen oder vor Ort in den Boden versickert werden. Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch **Grundwasserabsenkung** und Einleitung geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** erfolgt im Kapitel 4.1.7, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Während der Errichtung des Endlagers wird im Grubengebäude in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation (insbesondere im Kristallingestein) trotz Abdichtung gegenüber grundwasserführender Schichten Drainagewasser aufgefangen. Für ein Endlager im Tongestein in der Schweiz wurden in /NAGRA TB1301 2013/ anfallende Drainagewassermengen abgeschätzt. Es wird vorsorglich davon ausgegangen, dass in einem Endlager nach Standortauswahlgesetz eine Menge von 5 l/sec (ca. 63.000 m³ pro Jahr) Drainagewasser während der Offenhaltung anfällt, zu Tage gefördert und dort nach ggf. erforderlicher Klärung in den Vorfluter eingeleitet wird. Drainagewasser wird im Kapitel 4.1.7 mit dem Wirkfaktor **konventionelles Abwasser** behandelt und wird daher im Folgenden nicht mehr projektspezifisch betrachtet

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Die Flächeninanspruchnahme wirkt sich auf den Boden, die Grundwasserneubildung sowie Pflanzen und Tiere aus, die auf den betroffenen Flächen leben. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass auf dem Standort des Endlagers auch Kleingewässer vorhanden sind und geschützte Tier- oder Pflanzenarten betroffen sind.

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen, durch die Fahrbewegungen zwischen Bergwerk und Abraumhalde beim Auffahren des Endlagers sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von Baumaterial und beim Abtransport von Bodenaushub und Abraum verursacht. Abwehungen von der Abraumhalde sind ebenfalls möglich. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird durch den Betrieb von Geräten und Maschinen bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen, durch die Fahrbewegungen zwischen Bergwerk und Abraumhalde beim Auffahren des Endlagers, bei Sprengungen von Gestein sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von Baumaterial und beim Abtransport von Bodenaushub und Abraum verursacht. Erschütterungen können beim Sprengen von Gestein und bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken und Schäden an Gebäuden verursachen.

Raumwirkung

Die Wirkung des Endlagers auf das Landschaftsbild addiert sich aus den Gebäuden des Endlagers sowie den Gebäuden des Eingangslagers (vgl. Kapitel 5.1.4) und der Konditionierung (vgl. Kapitel 5.1.5). Der gesamte Standort des Endlagers hat die Größe eines Industriegebietes und damit auch entsprechende Auswirkungen auf das Landschaftsbild.

Raumwirkung verändert das Erscheinungsbild einer betroffenen Landschaft und kann ihre Erholungsfunktion herabsetzen. Raumwirkung ist vom subjektiven Empfinden des Betrachters abhängig, sie gewinnt bei hoher Anzahl an betroffenen Anwohnern oder Erholungssuchenden zusätzliches Gewicht. Die Einsehbarkeit des Standorts ist insbesondere in touristisch geprägten Regionen relevant.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von insgesamt etwa 280.000 m² ist eine erhebliche Beeinträchtigung von Natur und Landschaft und daher als potenziell erhebliche Umweltauswirkung zu bewerten. Es besteht die Pflicht zur Kompensation und zum Ausgleich.

Möglichkeiten der Minimierung des Eingriffs insbesondere im Hinblick auf geschützte Arten und Schutzgebiete bestehen vor allem bei der Auswahl des gesamten Standortes für ein Endlager. Nutzungskonflikte können bereits bei der Festlegung der Standorte für ein Erkundungsbergwerk untersucht werden.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Als relevante Größe zur Bewertung der Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe sind die Anzahl der Transporte pro Tag sowie die Emissionen von Geräten und Maschinen auf der Baustelle pro Tag zu betrachten. Bei der Errichtung eines Endlagers mit seinen über- und untertägigen Anlagen sind zwar insgesamt erheblich größere Mengen an Aushub und Baumaterial zu bewegen als dies beispielsweise bei der Errichtung eines Zwischenlagers der Fall ist, ihr Aufkommen streckt sich jedoch über einen wesentlich größeren Zeitraum. Die durch die Maschinen und Geräte auf der Baustelle verursachten Emissionen pro Tag werden ebenfalls etwa in der gleichen Größenordnung liegen wie beispielsweise bei der Errichtung eines Zwischenlagers. Insgesamt sind die Emissionen von Luftschadstoffen pro Tag vergleichbar der Errichtung von Zwischenlagern, werden allerdings über einen deutlich längeren Zeitraum anfallen. Hinzu können noch die Verwehungen von der Abraumhalde kommen, wenn diese nicht abgedeckt oder ausreichend feucht gehalten wird.

Insgesamt ist, basierend auf einem Vergleich mit Ergebnissen von Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager, davon auszugehen, dass bei einem Abstand von mehr als 1 km durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs keine relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten sind, wenn Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind. Werden Ortschaften umfahren und führen die Transportrouten nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Luftschadstoffemissionen bei der Errichtung eines Endlagers können innerhalb eines Abstandes von 1 km zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen, für die Minimierungsmöglichkeiten im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen sind.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.3 dargestellt. Für die Bewertung der Auswirkungen von Lärm gelten hinsichtlich der Anzahl der Transporte pro Tag sowie hinsichtlich des oberirdischen Betriebs von Geräten und Maschinen die oben unter „Luftschadstoffe“ ausgeführten Betrachtungen. Es ist daher davon auszugehen, dass die Lärmbelastung bei der Errichtung des Endlagers in etwa in der gleichen Größenordnung liegen wird wie beispielsweise bei der Errichtung eines Zwischenlagers, allerdings über einen deutlich längeren Zeitraum bestehen wird.

Insgesamt ist, basierend auf einem Vergleich mit Ergebnissen von Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager, davon auszugehen, dass ein Abstand von 1 km ausreicht, um in den Spitzenzeiten die für Menschen geltenden Immissionsrichtwerte einzuhalten. Dieser Einschätzung

liegt die Annahme zu Grund, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird.

Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgelände, Krankenhäuser) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen generell nicht zu erwarten.

Erschütterungen beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, so dass keine relevanten Auswirkungen auf Menschen und Tiere zu erwarten sind.

Lärm durch Sprengungen wird nur sporadisch verursacht, so dass bei 1 km Abstand keine relevanten Auswirkungen auf Menschen zu erwarten sind, es sei denn, die durch Sprengungen verursachten Erschütterungen reichen weiter. Eine Prüfung und Bewertung der Auswirkungen von Erschütterungen auf Fledermäuse ist nur im Einzelfall mit genaueren Kenntnissen über die Reichweite und Stärke der Erschütterungen sowie über die Lage und Art der Fledermausquartiere möglich. Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum Vorhaben können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm und Erschütterungen bestehen, deren mögliche Minimierung auf Basis der standortspezifischen Kenntnisse zu betrachten ist.

Raumwirkung

Die Raumwirkung eines Endlagerstandortes auf das Landschaftsbild ist eine dauerhafte potenziell relevante Umweltauswirkung, die bereits im Rahmen der Festlegung der Standorte für eine untertägige Erkundung berücksichtigt werden sollte. Während der Errichtung des Endlagers ist die Landschaft bereits durch das zuvor errichtete Erkundungsbergwerk vorgeprägt. Eine Bewertung der Raumwirkung kann nur anhand bildlicher Darstellungen der geplanten Anlage in der Landschaft (Fotomontagen) unter Berücksichtigung aller relevanten Blickrichtungen erfolgen.

Minimierungen von Auswirkungen auf das Landschaftsbild durch Raumwirkung eines Endlagers zielen darauf ab, Sichtbeziehungen aus der Umgebung des Endlagers zu vermeiden. Dabei können das Relief der Landschaft einbezogen werden, Erdwälle angelegt werden, Verschattungen der Anlage durch Wald erfolgen oder die Farbgestaltung der Gebäude dem Landschaftsbild angepasst werden.

5.1.6.2. Einlagerungsbetrieb des Endlagers

Während des Einlagerungsbetriebs eines Endlagers werden die bereits konditionierten Abfallgebinde in das Endlager verbracht und dort in die Einlagerungsbereiche eingebaut. Für das Endlager nach Standortauswahlgesetz besteht derzeit keine Festlegung auf ein Endlagerkonzept, wie z. B. Bohrloch-, Strecken- oder Kavernenlagerung. Bei den Wirtsgesteinen Granit, Ton- und Salzgestein werden mit dem Einbau der Abfallgebinde verschieden aufwändige und sich im Einbaumaterial unterscheidende geotechnische Barrieren erstellt. Das Material für die Erstellung solcher geotechnischer Barrieren (z. B. Tone oder Sande und/oder das jeweilige Wirtsgestein) muss während des Betriebs des Endlagers angeliefert werden und wird i. d. R. zunächst auf übertägigen Lagerflächen gelagert. Der Einbau des Materials erfolgt sukzessive und parallel zur Einlagerung der Abfallgebinde.

Während des Einlagerungsbetriebs des Endlagers werden radioaktive Abfälle in geeigneten Behältern angeliefert, nach unten transportiert und eingelagert. Umweltauswirkungen durch die Anlieferung der radioaktiven Abfälle sind in Kapitel 5.1.3 beschrieben und bewertet.

In Abhängigkeit vom Endlagerkonzept werden während der Einlagerungsbetriebs des Endlagers Einlagerungsbereiche zur mechanischen Stabilisierung des Bergwerks möglicherweise vollständig verschlossen, sobald diese mit Abfällen gefüllt sind. Das Material hierzu (Tone, Sande und/oder das jeweilige Wirtsgestein) kann entweder aus bei der Auffahrung des Bergwerks auf dem übertägigen Betriebsgelände angelegten Halden entnommen werden oder wird alternativ per LKW oder Schienentransport sukzessive angeliefert. Es wird in übertägigen Einrichtungen verarbeitet und dann nach untertage verbracht und an Ort und Stelle eingebaut. Jeglicher Einbau von Material muss qualifiziert und dokumentiert erfolgen.

Der Einlagerungsbetrieb des Endlagers nach Standortauswahlgesetz soll in etwa um das Jahr 2050 beginnen. Die Dauer der Betriebszeit ist derzeit nicht festgelegt und ist vom gewählten Einlagerungskonzept abhängig /NaPro 2015/. Durch den aufwändigen Einbau der Abfälle in das Endlager und durch die dabei zu berücksichtigenden Anforderungen an den Strahlenschutz des Personals (betrieblicher Strahlenschutz) erfolgen die Tätigkeiten am Standort des Endlagers gleichmäßig ohne besondere Betriebsspitzen.

Wirkfaktoren

Während des Einlagerungsbetriebs des Endlagers kann es zu transportbedingten Emissionen von **Schadstoff und Lärm** durch die Anlieferung des zu verfüllenden Haldenmaterials oder alternativer Stoffe kommen. Hinzu kommen Personentransporte des Betriebspersonals. Das Endlagerkonzept der Schweiz geht davon aus, dass während der Betriebszeit eines Endlagers ca. neun Eisenbahnwagen pro Woche mit radioaktiven Abfällen abgefertigt und in das Endlager eingebaut werden und ca. ein LKW pro Woche Verfüllmaterial anliefert /NAGRA TB0202 2002/.

Nach dem in der vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben (VSG) /GRS 2012/ zugrunde gelegten Endlagerkonzept (horizontale Streckenlagerung der Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle in Salz) werden zur Verfüllung der Einlagerungstrecken und Querschläge insgesamt ca. 585.000 m³ Salzgrus kalkuliert. Der zu verwendende Salzgrus wird vorwiegend aus dem Aushub aus der Erkundungs- und Errichtungsphase gewonnen, der auf dem Betriebsgelände des Endlagers auf einer Halde deponiert wird. D. h., dass sich die Beförderung des Salzgruses auf den Bereich des Betriebsgeländes beschränkt, sofern kein zusätzliches Material benötigt wird.

Relevante anlagenbedingte Emissionen von **Luftschadstoffen und Lärm** während der Einlagerungsbetriebs sind z. B. die Heizanlage, der Betrieb von Maschinen über Tage und die Lüftungs-/Bewetterungsanlage.

Untertägige Sprengarbeiten können **Erschütterungen** bedingen.

Während des Einlagerungsbetriebs kann es, je nach Endlagerkonzept, notwendig sein, eine während der Errichtung des Endlagers möglicherweise durchgeführte **Grundwasserabsenkung** aufrecht zu halten. Nach Endlagerkonzeptionen in Finnland entstehen bei der Errichtung eines Endlagers Absenktrichter von 0,5 bis 2 km Radius um die Anlage mit einer Absenktiefe des Grundwasserspiegels von 10 bis 60 m. Die Größe des entstehenden Absenktrichters hängt von den bergbaulichen Erfordernissen und den hydrogeologischen Verhältnissen vor Ort ab. Nach Einstellung der Grundwasserabsenkung vergehen bei großen Absenktiefen, wie dies in Finnland aufgrund der hydrogeologischen Ausgangssituation erforderlich ist, mehrere Jahre, bis sich das ursprüngliche Niveau des Grundwassers eingespiegelt hat /Posiva 1999/, so dass entstehende Auswirkungen langfristig auftreten. Das geförderte Grundwasser sowie Sickerwasser aus der Haldenentwässerung sollen nach vorheriger Behandlung (Klärung, Fällung, Absetzung) in einen Vorfluter als **konventionelles Abwasser** eingeleitet werden.

Während des Einlagerungsbetriebs kann, in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation (insbesondere Granit) Drainagewasser anfallen, das als **konventionelles Abwasser** zu entsorgen ist. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Schachtwasser, das trotz Abdichtung der Schächte anfallen kann, Luftfeuchtigkeit aus den Wettern, die im Grubenbereich kondensieren sowie Formationswässer, die mit der Bildung der Gesteinsformation oder in Klüften eingeschlossen wurden. Insbesondere bei einem kristallinen Wirtsgestein können Grubenwässer anfallen, die über Klüfte mit der Hydrosphäre in Verbindung stehen. Auf Basis standortunabhängiger Betrachtungen zur Bewertung von Auswirkungen auf das Grundwasser während der Betriebszeit eines Endlagers im Tongestein in der Schweiz /NAGRA TB1301 2013/ wird für ein Endlager in Deutschland vorsorglich davon ausgegangen, dass eine Menge von 5 l/s Drainagewasser während der Offenhaltung anfällt. Das Wasser wird aufgefangen, zu Tage gefördert und nach ggf. erfolgreicher chemischer Klärung und Absetzen von Schwebstoffen in einen Vorfluter eingeleitet (ca. 63.000 m³ pro Jahr). Zum Vergleich: im Endlager Konrad fielen nach Angabe des Betreibers /BfS 2015b/ im Jahr 2013 ca. 22 m³ pro Tag Grubenwässer an (ca. 8.000 m³ pro Jahr), in Gewinnungsbergwerken, wie z. B. dem ehemaligen Gewinnungsbergwerk Zeche Zollverein im Ruhrgebiet ca. 13.000 m³ pro Tag (ca. 4.800.000 m³/a) /RAG 2015/.

Die Wirkfaktoren **Grundwasserabsenkung** und **konventionelle Abwässer** werden im Kapitel 4.1.7 behandelt und werden daher nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet.

Mit der Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle ist ein **Wärmeeintrag** in das umgebende Gestein verbunden. Dieser Wirkfaktor wird für den Zeitraum nach Verschluss des Endlagers in Kapitel 5.1.6.4 weiter betrachtet.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung) können zu Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter Mensch und Tiere führen.

Eine aus der **Direktstrahlung** resultierende Dosis ist von der Aktivität und Nuklidzusammensetzung der Quellen abhängig und kann beim Einlagerungsbetrieb eines Endlagers während des Umgangs (innerbetrieblicher Transport und Einlagerungsarbeiten) mit den Abfallgebinden/-Behältern auftreten (siehe Kapitel 5.1.4).

Im Rahmen des Sicherheitsnachweises für ein Endlager ist zu zeigen, dass relevante **Störfälle** während des Einlagerungsbetriebs zu keinen Freisetzungen führen, die die bestehenden Grenzwerte gemäß Strahlenschutzverordnung überschreiten. Relevante Störfälle während des Einlagerungsbetriebs, gegen die das Endlager auszulegen ist, sind z. B. oberirdische und untertägige Störfälle mit mechanischer Einwirkung (Behälterabsturz), Brände oder Einwirkungen von außen. Die Auslegung gegen diese Störfälle wird durch die technischen Eigenschaften der Anlage selbst und durch die Integrität der Abfallbinde erreicht. Betrachtungen zu oberirdischen Störfällen unterscheiden sich dabei nicht von Störfallnachweisen, wie sie für Standortzwischenlager oder Behandlungsanlagen für Nuklearstoffe geführt wurden. Untertägige Störfälle dürfen darüber hinaus nicht die Langzeitsicherheit des Endlagers z. B. durch störfallbedingte Lösungszutritte während des Betriebs und nach Stilllegung gefährden.

Bei der Bereitstellung der Endlagerbehälter für die Einlagerung, beim Einlagerungsprozess sowie beim Rückbau untertägiger Strahlenschutzbereiche, z. B. beim Verschluss der einzelnen untertägigen Einlagerungskammern, sowie bei Dekontaminationsvorgängen entstehen feste und flüssige **radioaktive Betriebsabfälle** (z. B. Wischtücher, Reinigungsflüssigkeiten, Filtermatten, etc.). Die Menge und Zusammensetzung dieser Abfälle während des Einlagerungsbetriebs kann mit Dekontaminationsabfällen aus Forschungsreinrichtungen verglichen werden.

Bei Laborarbeiten und Dekontaminationsmaßnahmen können untertage und oberirdisch **radioaktive Abwässer** anfallen. In einem Endlager wird zur Reinigung von Behältern für radioaktive Abfälle Wasser verwendet, dem Detergenzien zugesetzt werden. Dieses Wasser wird regelmäßig aufbereitet und im Kreislauf geführt. Es kann davon ausgegangen werden, dass jährlich nur wenige Kubikmeter flüssige radioaktive Abfälle anfallen /NAGRA TB1301 2013/ und als radioaktive Betriebsabfälle zu entsorgen sind.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}), Stickoxide und Schwefeloxide, werden durch den Betrieb von Geräten, Maschinen und Transportfahrzeugen sowie durch die Heizungsanlage, die Lüftungsanlage und die Bewitterung verursacht. Abwehungen von der Abraumhalde sind ebenfalls möglich. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Schallemissionen werden durch oberirdisch betriebene Geräte und Maschinen sowie durch Transportfahrzeuge verursacht. Zusätzlich können Schallemissionen und Erschütterungen beim Sprengen auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere ebenfalls negativ auswirken und Schäden an Gebäuden verursachen.

Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

In einem Endlager für radioaktive Abfälle werden ausschließlich verschlossene Abfallbehälter gehandhabt. Je nach gewähltem Endlager- und Behälterkonzept kann es zu Emission radioaktiver Stoffe aus den Abfallbehältern kommen. Nach Strahlenschutzrecht sind Ableitungen bis zu einer effektiven Dosis von 0,3 mSv/a zulässig (§ 47 StrlSchV).

Direktstrahlung

Die Exposition durch Direktstrahlung in unmittelbarer Nähe der Abfallgebinde betrifft grundsätzlich die sich dort aufhaltenden Menschen und gegebenenfalls dort vorhandene Tiere. Beim Einlagerungsbetrieb eines Endlagers erfolgt allerdings immer nur eine Handhabung einzelner Behälter, außerdem erfolgen die meisten Handhabungsvorgänge untertage. Eine Exposition von Schutzgütern durch Direktstrahlung während des Einlagerungsbetriebs kann daher praktisch ausgeschlossen werden. Eine Bewertung von Umweltauswirkungen im Rahmen der SUP ist nicht erforderlich.

Störfälle

Störfälle, wie Brand oder Explosionen, können zu ungeplanten Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt führen und sich daher auf die Schutzgüter Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Wasser, Klima und Luft sowie Kultur- und Sachgüter auswirken. Die aus potenziellen Störfällen resultierende Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung hängt vom Quellterm, dem Ereignisablauf und meteorologischen Bedingungen ab sowie von Vorsorge-Maßnahmen zur Vermeidung von Störfällen bzw. zur Begrenzung potenzieller radiologischer Auswirkungen.

Radioaktive Betriebsabfälle

Beim Einlagerungsbetrieb eines Endlagers fallen feste und flüssige radioaktive Abfälle an. Diese müssen gesammelt, konditioniert, gepuffert und eingelagert sowie innerbetrieblich transportiert werden. Flüssige radioaktive Betriebsabfälle sollten in einer innerbetrieblichen Konditionierungsanlage verfestigt, feste betriebliche Abfälle entsprechend verpackt werden. Für

alle radioaktiven Betriebsabfälle ist eine Nachweisführung sowie eine Produktkontrolle durchzuführen. Die Abfälle sind anschließend der Endlagerung zuzuführen.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Während des Einlagerungsbetriebs entspricht die transportbedingte Schadstoff- und Staubemission durch die Anlieferung des zu verfüllenden Haldenmaterials oder alternativer Stoffe wie z. B. Bentonit in etwa der Gesamtanzahl der notwendigen Transporte während der Errichtung des Endlagers. Jedoch erfolgen die Transporte des Haldenmaterials während des Einlagerungsbetriebs über einen größeren Zeitraum (einige Jahrzehnte) verteilt, so dass Spitzenbelastungen vermieden werden. Da das Transportaufkommen pro Zeiteinheit gering ist und die Emissionen pro Zeiteinheit am Standort ebenfalls gering sind, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen weder entlang der Transportrouten noch in der Umgebung des Standorts zu erwarten, wenn Abwehungen von der Abraumphalde auch während des Einlagerungsbetriebs durch Abdecken oder Feuchthalten minimiert werden.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.3 beschrieben. Lärm verursachende Tätigkeiten finden während des Einlagerungsbetriebs nur in geringem Umfang statt. Durch die Heizungsanlage, die Lüftungsanlage und die Bewetterung werden keine relevanten Lärmemissionen verursacht. Transporte von Halden- oder Baumaterial sind über einen langen Zeitraum gestreckt und daher pro Zeiteinheit gering. Insgesamt kann daher davon ausgegangen werden, dass durch den Einlagerungsbetriebs weder am Standort noch entlang der Transportrouten relevante Auswirkungen durch Lärm für Menschen und Tiere verursacht werden.

Lärm durch Sprengungen wird nur sporadisch verursacht, so dass keine relevanten Auswirkungen zu erwarten sind, es sei denn, die durch Sprengungen verursachten Erschütterungen reichen über den Endlagerstandort hinaus.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Erschütterungen hängt von der Betroffenheit der Schutzgüter ab. Dabei sind die Abstände der nächsten Wohnbebauung bzw. anderer Schutzgüter wie Tiere von der jeweiligen Erschütterungsquelle relevant. Eine Bewertung der entstehenden potenziell relevanten Umweltauswirkungen ist unter Beachtung der vorhandenen Schutzgüter mit den bestehenden gesetzlichen Regelungen als Bewertungsmaßstab möglich.

Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Für die zu erwartende Emission radioaktiver Stoffe sind auf Grundlage der Erfahrungen aus dem Einlagerungsbetrieb in anderen Anlagen (z. B. Zwischenlager, Endlager Morsleben) keine erheblichen Umweltauswirkungen zu erwarten. Potentiell relevante Umweltauswirkungen können auf Grundlage der derzeit vorhandenen Kenntnisse über die Maßnahme nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Eine genauere Bewertung kann erst erfolgen, wenn das Einlagerungskonzept näher konkretisiert ist.

Störfälle

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.7 dargestellt. Das Risiko für Störfälle kann minimiert werden, indem das maximal freisetzbare Inventar bei Handhabungen begrenzt wird. Beispielsweise kann dies für den Störfall Brand dadurch erreicht werden, dass das gehandhabte Inventar durch eine Festlegung auf eine Maximalmenge der Gebinde pro innerbetrieblicher Transporteinheit

begrenzt wird bzw. die Menge der gehandhabten Gebindeeinheiten je Einlagerungsvorgang begrenzt wird.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch Störfälle orientiert sich bei kerntechnischen Anlagen an den Ergebnissen der sicherheitstechnischen Bewertung. Die Bewertungskriterien für „Sicherheit“ werden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik angewendet. Durch die Handhabung geschlossener Abfallgebände können in einem Endlager zahlreiche Störfälle ausgeschlossen werden, die bei komplexeren Systemen (z. B. bei der Lagerung bestrahlter Brennelemente in einem Abklingbecken) eine Rolle spielen. Durch Vorsorgemaßnahmen sind Störfälle daher entweder zu vermeiden oder, soweit dies nicht möglich ist, sind die radiologischen Auswirkungen durch entsprechende Maßnahmen zu begrenzen. Das Risiko für Störfälle im Zusammenhang mit dem Einlagerungsbetrieb ist in etwa vergleichbar mit anderen Anlagen zum Umgang mit radioaktiven Abfällen, in denen nicht mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Störfallbedingte erhebliche Auswirkungen eines Endlagers auf die Umwelt sind daher unwahrscheinlich. Da entsprechende Nachweise im Genehmigungsverfahren noch zu führen sind, wird hier davon ausgegangen, dass potenziell relevante Umweltauswirkungen aufgrund radiologischer Störfälle vorliegen können.

Radioaktive Betriebsabfälle

Die radioaktiven Betriebsabfälle, die beim Betrieb eines Endlagers entstehen, werden konditioniert und bis zu ihrer Endlagerung zwischengelagert. Bewertungsmaßstab für die Handhabung und den Umgang mit radioaktiven Abfällen sind die Bestimmungen der StrlSchV. Die potenziellen Umweltauswirkungen entsprechen den Umweltauswirkungen dieser Art bei mittelgroßen Forschungslaboren und sind im Verhältnis zu den primären Abfallströmen hier als nicht relevant zu bewerten.

Die Menge an zunächst als radioaktiv einzustufendem Abwasser wird beispielsweise für das Schweizer Endlager für HAA auf max. 100 m³ während der gesamten Betriebszeit geschätzt /Nagra TB1301 2013/. Hier werden die Abwässer nach Ausmessung entweder freigegeben oder bei Bedarf gereinigt (z. B. mit Zentrifuge oder Verdampfer) und nach einer Entscheidungsmessung als radioaktiver Betriebsabfall entsorgt. Bewertungsmaßstab für die Handhabung und den Umgang mit radioaktiven Abfällen sind die Bestimmungen der StrlSchV. Die Rückstände aus der Abwasserreinigung werden gesammelt und der Konditionierung mit dem Ziel der Endlagerung zugeführt. Vor dem Hintergrund der übergreifenden Betrachtung der SUP des NaPro sind anfallende radioaktive Betriebsabfälle keine relevanten Umweltauswirkungen.

5.1.6.3. Verschluss des Endlagers

Der Verschluss des Endlagers im Rahmen der Stilllegung dient dem Ziel, die Isolation der Radionuklide im Zusammenwirken mit dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich und den darin enthaltenen technischen und geotechnischen Barrieren zu gewährleisten.

Man unterscheidet zwischen Verfüll- und Verschlussmaßnahmen in den Einlagerungsbereichen und solchen in den übrigen Bereichen des Endlagerbergwerks, z. B. Schachtzugänge, Verbindungs- und Zugangsstrecken und Infrastrukturbereiche. Es wird von einem Endlagerkonzept ausgegangen, bei dem parallel zur Einlagerung der Abfallgebände eine Verfüllung der bereits beladenen Einlagerungsstrecken und/oder Einlagerungsbohrlöcher vorgenommen wird. Auch die Abschlussbauwerke wie Strecken- und Bohrlochverschlüsse zur Abschottung vom übrigen Grubengebäude werden ebenfalls während des Einlagerungsbetriebs errichtet. Der hier betrachtete Verschluss des Endlagers bezieht sich auf die Phase nach dem Einlagerungsbetrieb,,

in dem bereits große Teile der untertägigen Einrichtungen rückgebaut und Auffahrungen in den Einlagerungsbereichen verfüllt und verschlossen werden (Kapitel 5.1.6.2).

Während des Verschlusses eines Endlagers werden zentrale Zugangsbereiche vollständig verfüllt und verschlossen. Das Material wie z. B. Tone, Sande, Salzgrus und Schotter wird am Standort des Endlagers auf einer Halde oder mehreren Halden gelagert (hierzu gehört auch der Aushub aus der Erkundungs- und Errichtungsphase) und/oder angeliefert und sukzessive zur Verfüllung von Hohlräumen in das Endlager eingebracht.

Nach Verschluss aller untertägigen Bereiche des Endlagers werden übertägige Gebäude nach radiologischer Einschätzung, Kontrolle und Freimessung abgebaut oder beliebig nachgenutzt. Der konventionelle Abbruch von Gebäuden erfolgt in der Regel in kurzen Zeiträumen unter Zwischenlagerung von Abbruchmaterial, ggf. erfolgt ein Beton und Bauschuttrecycling durch mobile Anlagen vor Ort und nachfolgenden Abtransport der Abbruchmaterialien zur Verwertung oder Entsorgung.

Ein kleiner Teil der Gebäude am Standort des Endlagers wird zur Aufzeichnung, Verarbeitung und Dokumentation von Daten des Monitorings über unbestimmte Zeit genutzt werden. Es ist davon auszugehen, dass in ferner Zukunft an der Erdoberfläche keine offensichtlichen Hinweise auf die Existenz eines Endlagers in den darunter liegenden tiefen geologischen Formationen verbleiben werden.

Wirkfaktoren

Während der Verschlussphase des Endlagers wird Verfüllmaterial angeliefert, ggf. aufbereitet und in die Hohlräume des Endlagers eingebracht. Hierbei kommt es zu transportbedingten Emissionen von **Luftschadstoffen**.

Nach dem in der vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben (VSG) /GRS 2012/ zugrunde gelegten Endlagerkonzept (horizontale Streckenlagerung der Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle in Salz) wurden zur Verfüllung der Richtstrecken und Querschläge auf der Einlagerungssohle und Erkundungssohle insgesamt 575.000 m³ Salzgrus und für die Infrastrukturbereiche 340.000 m³ Schotter kalkuliert. Hierin sind nicht die Verfüllmengen enthalten, die bereits während des Einlagerungsbetriebs für die Einlagerungsstrecken und Querschläge eingebracht würden. Der zu verwendende Salzgrus würde vorwiegend aus dem Aushub aus der Erkundungs- und Errichtungsphase gewonnen, der auf dem Betriebsgelände des Endlagers auf einer Halde deponiert wird. D. h., dass sich die Beförderung des Salzgruses auf den Bereich des Betriebsgeländes beschränken sollte, sofern kein zusätzliches Verfüllmaterial notwendig wäre. Der Schotter würde von außerhalb angeliefert werden müssen.

Weitere Fahrzeugtransporte ergeben sich durch den Abtransport der rückgebauten untertägigen und übertägigen Einrichtungen. Darüber hinaus werden Liefertransporte von z. B. Befestigungsmaterialien, Mutterboden und Pflanzen in der Phase der Rekultivierung des Betriebsgeländes anfallen. Der Zeitraum und Umfang für diese Transporte wird deutlich geringer sein als der zugrunde gelegte Zeitrahmen und das Transportaufkommen für die Verfüllung des Endlagers. Damit fallen auch geringere Luftschadstoff- und Staubemissionen durch Fahrzeuge an.

In der Verschlussphase eines Endlagers sind Emissionen von **Luftschadstoffen und Lärm** durch Kfz und Baumaschinen bei den Verfüll- und Verschlussmaßnahmen, Rückbauarbeiten, Rekultivierung und Installation von Ausrüstungsgegenständen und Messinstrumenten bzw. Vorkehrungen für die Umweltüberwachung zu erwarten. Die höchsten Belastungen an Lärm- und Luftschadstoffemissionen fallen während der übertägigen Rückbauarbeiten an. Allerdings wird der

Rückbau im Vergleich zur Verfüllung und damit auch zu anderen Phasen wie Erkundung, Errichtung und Einlagerungsbetrieb in einem relativ kurzen Zeitraum erfolgen.

Konventionelles Abwasser fällt bei **Grundwasserabsenkungen** an, die in Abhängigkeit von der hydrogeologischen Situation des Standortes während der untertägigen Verfüllmaßnahmen und bei dem Rückbau der Schachteinbauten und der Errichtung der Schachtverschlüsse aufrechterhalten werden müssen. Darüber hinaus kann ggf. vorhandenes „Bergwasser“ als Kluft- oder Formationswasser anfallen. Ein wesentlicher Beitrag zur Gesamtabwassermenge entsteht durch das Haldenwasser, das bei Regen aus der Halde austritt. Brauchwasser z. B. aus LKW-Reinigungsanlagen und aus Sanitärbereichen spielt im Vergleich zu dem Abwasser, das aus den bergbaulichen Prozessen entsteht, qualitativ und quantitativ eine untergeordnete Rolle. Die Wirkfaktoren **Grundwasserabsenkung** und **konventionelles Abwasser** werden im Kapitel 4.1.7 behandelt und werden daher nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet.

Mit der Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle ist ein **Wärmeeintrag** in das umgebende Gestein verbunden. Dieser Wirkfaktor wird für den Zeitraum nach Verschluss des Endlagers in Kapitel 5.1.6.4 weiter betrachtet.

Während der Verschlussphase eines Endlagers kann es z. B. durch Einbring- und Verdichtungsmaßnahmen des Versatzmaterials sowie bei den übertägigen Rückbauarbeiten zu **Erschütterungen** kommen. Das Ausmaß möglicher Erschütterungen wird im Vergleich zur Errichtungsphase mit möglichen Rammarbeiten und Sprengungen als gering eingestuft.

Im Zuge der Verschlussphase des Endlagers werden in Bezug auf den Wirkfaktor **Flächeninanspruchnahme** und **Raumwirkung** durch die Abtragung der Halde, die Rückbaumaßnahmen und die Rekultivierung des Betriebsgeländes die versiegelten Flächen und Gebäude sukzessive abgebaut. Solche positiven Wirkungen werden nicht weiter betrachtet.

Durch die mit dem Verschluss des Endlagers verbundene vollständige Verfüllung aller Hohlräume werden **Setzungen der Tagesoberfläche** reduziert bzw. minimiert. Die Anforderungen an den Langzeitsicherheitsnachweis beinhalten, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich über den Nachweiszeitraum von etwa 1. Mio. Jahren seine Funktion als Barriere erfüllt. Dies schließt größere unterirdische Einbrüche und Verschiebungen, die sich an der Erdoberfläche bemerkbar machen, aus.

Während der untertägigen Rückbauarbeiten, der Verfüllung der Hohlräume und der Verschlussmaßnahmen z. B. beim Rückbau der Schachteinbauten und der anschließenden Errichtung des Schachtabschlussbauwerkes wird eine **Grundwasserabsenkung** vorzunehmen sein. Dieser Wirkfaktor sowie die damit verbundenen Einleitungen geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** werden in Kapitel 4.2 behandelt und werden daher nachfolgend nicht weiter berücksichtigt.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung), die sich über die Luft ausbreiten würden, können zu Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter Mensch und Tiere führen.

Zu betrachtende **Störfälle** während der Verschlussphase des Endlagers sind z. B. oberirdische und untertägige Störfälle wie Brände oder Einwirkungen von außen. Darüber hinaus sind z. B. störfallbedingte Lösungszutritte oder Beschädigung des Schachtverschlusses im Hinblick auf die Langzeitsicherheit des Endlagers zu berücksichtigen.

Beim Rückbau von Strahlenschutzbereichen sowie bei Dekontaminationsvorgängen entstehen feste und flüssige **radioaktive Betriebsabfälle** (z. B. Wischtücher, Reinigungsflüssigkeiten, Filtermatten, etc.). Eine Abschätzung zur Stilllegung des ERAM hat ergeben, dass ca. 180 m³ feste

metallische radioaktive Abfälle anfallen werden. Weiterhin werden bis zu 30 m³ feste radioaktive Mischabfälle aus Lüftungstechnischen Anlagen und bis zu 20 m³ feste radioaktive Mischabfälle in Form von Reinigungstüchern, Schutzkleidung, Arbeitsgeräten, Laborgeräten und -materialien sowie aus Dekontaminations- und Rückbaumaßnahmen anfallen /BfS 2009a/. Im Rahmen der Stilllegung des ERAM wurde abgeschätzt, dass ca. 30 m³ flüssige betriebliche radioaktive Abfälle anfallen, die endlagergerecht konditioniert werden. Hierbei handelt es sich um Abwässer aus der Dekontamination von Anlagen und Ausrüstungen /BfS 2009a/.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide, werden insbesondere durch den Betrieb von Geräten und Maschinen beim Rückbau der Gebäude (z.B. Eingangslager), durch die Fahrbewegungen zwischen Endlager und Abraumhalde sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von z.B. Schotter und beim Abtransport von z.B. Bauschutt und Abraum verursacht. Abwehungen von der Abraumhalde sind ebenfalls möglich. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm- und Erschütterungen

Lärm wird durch den Betrieb von Geräten und Maschinen beim Rückbau von Gebäuden (z. B. Eingangslager), durch die Fahrbewegungen zwischen Endlager und Abraumhalde sowie entlang der Transportrouten bei der Anlieferung von z. B. Schotter und beim Abtransport von z.B. Bauschutt und Abraum verursacht. Erschütterungen können durch Verdichtungsmaßnahmen beim Verschluss des Endlagers und beim Abbruch von Gebäuden auftreten. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken und Schäden an Gebäuden verursachen.

Setzungen der Tagesoberfläche

Mit der Setzung der Tagesoberfläche können Auswirkungen auf die Schutzgüter Boden, Wasser und Kultur und Sachgüter verbunden sein.

Durch die Verfüllmaßnahmen im Rahmen der Verschlussarbeiten des Endlagers werden Senkungen an der Erdoberfläche weitgehend vermieden. Daher liegen keine potenziell relevanten Umweltauswirkungen vor.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

In einem Endlager für radioaktive Abfälle werden ausschließlich verschlossene Abfallbehälter gehandhabt. Je nach gewähltem Endlager- und Behälterkonzept kann es zu Emission radioaktiver Stoffe aus den Abfallbehältern kommen. Nach Strahlenschutzrecht sind Ableitungen bis zu einer effektiven Dosis von 0,3 mSv/a zulässig (§ 47 StrlSchV).

Störfälle

In Abhängigkeit von der Art potenzieller Störfälle können alle Schutzgüter wie Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Wasser, Klima und Luft sowie Kultur- und Sachgüter betroffen sein.

Radioaktive Betriebsabfälle

Die Betriebsabfälle, die beim Verschluss eines Endlagers entstehen, werden konditioniert und bis zu ihrer Endlagerung zwischengelagert. Anfallende radioaktive Abwässer können konditioniert und als Betriebsabfälle entsorgt werden. Bewertungsmaßstab für die Handhabung und den Umgang

mit radioaktiven Abfällen sind die Bestimmungen der StrlSchV. Sofern eine Ableitung radioaktiver Abwässer erforderlich wäre, wovon bei den zu erwartenden geringen Mengen nicht auszugehen ist, erfolgt deren Ableitung auf Basis genehmigter Werte nach den Bestimmungen der StrlSchV. Relevante Umweltauswirkungen sind nicht zu erwarten.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Beim Verschluss des Endlagers finden am Standort umfangreiche Tätigkeiten (Verfüllen und Verschließen des Endlagers, Abbruch von Gebäuden, Be- und Entladen von Transportfahrzeugen) statt, bei denen Geräte, Maschinen und Fahrzeuge eingesetzt werden, die Emissionen verursachen. Hinzu können noch die Abwehungen von der Abraumhalde kommen, wenn diese nicht abgedeckt oder ausreichend feucht gehalten wird. Entlang der Transportrouten wird es zu erheblichem LKW-Verkehr kommen, da z. B. Schotter antransportiert und z. B. Abraum und Bauschutt abtransportiert werden muss. Insgesamt kann für die aus dem Verschluss des Endlagers resultierenden Luftschadstoffe davon ausgegangen werden, dass bei einem Abstand von mehr als 1 km keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs zu erwarten sind, wenn die Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.

Werden Ortschaften umfahren und führen die Transportrouten nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Luftschadstoffemissionen beim Verschluss eines Endlagers können innerhalb eines Abstandes von 1 km zu potenziell relevanten Umweltauswirkungen führen, für die ggf. Minimierungsmöglichkeiten zu betrachten sind.

Lärm- und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.3 dargestellt. Beim Verschluss des Endlagers finden am Standort umfangreiche Tätigkeiten (Verfüllen und Verschließen des Endlagers, Abbruch von Gebäuden, Be- und Entladen von Transportfahrzeugen) statt, bei denen Geräte, Maschinen und Fahrzeuge eingesetzt werden, die Lärm verursachen. Entlang der Transportrouten wird es zu erheblichem LKW-Verkehr kommen, da z. B. Schotter antransportiert und z. B. Abraum und Bauschutt abtransportiert werden muss. Die bei Verdichtungsmaßnahmen beim Verschluss des Endlagers und beim Abbruch von Gebäuden auftretenden Erschütterungen werden voraussichtlich nicht über den Endlagerstandort hinaus wirken und deshalb keine relevanten Auswirkungen auf Menschen und Tiere verursachen.

Insgesamt ist beim Verschluss des Endlagers hinsichtlich lärmbedingter Auswirkungen davon auszugehen, dass ein Abstand von 1 km ausreicht, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen für Menschen zu vermeiden. Dieser Einschätzung liegt die Annahme zu Grund, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird.

Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z.B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen generell nicht zu erwarten.

Zur Bewertung der Auswirkungen auf Vögel entlang der Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße sehr unterschiedlich sind.

Innerhalb eines Abstandes von 1 km zum Vorhaben können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Lärm bestehen, zu deren Bewertung und ggf. Minimierung standortspezifische Kenntnisse erforderlich sind.

Emission radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Für die zu erwartende Emission radioaktiver Stoffe sind auf Grundlage der Erfahrungen aus dem Einlagerungsbetrieb in anderen Anlagen (z.B. Zwischenlager, Endlager Morsleben) keine erheblichen Umweltauswirkungen zu erwarten. Potenziell relevante Umweltauswirkungen können auf Grundlage der derzeit vorhandenen Kenntnisse über die Maßnahme nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Eine genauere Bewertung kann erst erfolgen, wenn das Einlagerungskonzept näher konkretisiert ist.

Störfälle

Im Rahmen des Sicherheitsnachweises für ein Endlager sind Störfälle während der Verschlussphase zu analysieren. Relevante Störfallszenarien während des Endlagerverschlusses sind oberirdische und untertägige Störfälle wie z. B. Brände oder Einwirkungen von außen. Durch die Auslegung des Endlagers muss die Einhaltung der Störfallplanungswerte gewährleistet sein. Potenzielle Störfälle sind im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen und werden im Rahmen der SUP des NaPro als potenziell relevante Umweltauswirkungen bewertet.

5.1.6.4. Zeitraum nach Verschluss des Endlagers

Nach dem Verschluss des Endlagers, sollen die radioaktiven Abfälle dauerhaft von der Biosphäre isoliert bleiben. Dies muss im Genehmigungsverfahren für den Zeitraum von einer Million Jahre nachgewiesen werden. Von einer dauerhaften Überwachung des Endlagers ist nicht auszugehen.

Wirkfaktoren

Die Endlagerung Wärme entwickelnder Abfälle führt zu **Wärmeeintrag** in das Gestein, der langfristig zur Erwärmung von Schutzgütern in der Biosphäre beitragen kann. Die Ausprägung der Erwärmung hängt von vielen Faktoren und Randbedingungen, wie z. B. geologische und hydrogeologische Randbedingungen des Standortes, Wärmeleiteigenschaften des Wirtsgesteins, der Teufenlage des Endlagers und dem Endlagerkonzept ab. Zur Orientierung bzw. Einschätzung der Größenordnung des Effektes sind stellvertretend die Angaben aus den beiden folgenden Referenzen zu nennen: Gemäß /Müller 2002/ wird sich der Boden an der Erdoberfläche oberhalb eines 800 m tiefen Endlagers in Salzgestein lokal nach 500 bis 1000 Jahren um maximal 2 K erwärmen. Eine finnische Studie zur Endlagerung im Granitgestein prognostiziert eine Erwärmung der lokalen Bodenoberfläche von 6 K /Posiva 1999/.

Für die Betrachtung der Umweltauswirkung wird unterstellt, dass es langfristig zu einer geringfügigen **Emission von radioaktiven Stoffen in der Nachverschlussphase** aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich kommen könnte. Die Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle legen fest, welches Sicherheitsniveau zur Erfüllung der atomrechtlichen Anforderungen ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen nachweislich einzuhalten hat /SaEndlWA 2010/.

Entsprechend sind bei der Betrachtung von Freisetzungsszenarien aus dem Endlager auch **Emissionen anderer Schadstoffe in der Nachverschlussphase** zu berücksichtigen, da die endgelagerten Wärme entwickelnden Abfälle auch schädliche stoffliche Eigenschaften z. B. als Schwermetalle haben.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Wärmeeintrag

Veränderungen der Rückhalteeigenschaften des Gesteins durch Wärmeeintrag sind im Hinblick auf Freisetzbarkeiten von Radionukliden und von natürlichen Stoffen aus der Umgebung des Endlagers und im Hinblick auf Veränderungen von Grundwasserströmungen Gegenstand der Langzeitsicherheitsanalyse /SaEndlWA 2010/.

Eine Erwärmung des Bodens und Grundwassers der Tagesoberfläche kann das Mikroklima der Lebensräume beeinträchtigen, wenn dieser Wirkfaktor dort relevante Größen eines Temperaturanstiegs von einigen K erreicht. Derzeitige Erkenntnisse über eine Erwärmung des Bodens und damit auch des Grundwasser um 2 oder 6 K liegen im Bereich der wissenschaftlich derzeit diskutierten Bagatellschwellen von etwa 4 K bei Grundwasser (vgl. Kapitel 5.1.4). Der Wärmeeintrag ist lokal begrenzt. Nach Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse ist eine langfristige Erwärmung der Tagesoberfläche im Bereich von 4 K als nicht relevante Umweltauswirkung zu bewerten.

Im Rahmen eines Zulassungsverfahrens für ein Endlager ist die Erwärmung der Tagesoberfläche vor dem Hintergrund der standortspezifischen Gegebenheiten zu prognostizieren und im Hinblick auf Umweltauswirkungen zu bewerten.

Emissionen von radioaktiven Stoffen oder anderen Schadstoffen aus Endlagern in der Nachverschlussphase

Bei der Endlagerung wird ein Einschluss der Abfälle in geologischen Formationen angestrebt, der die radioaktiven Stoffe dauerhaft von der Biosphäre fernhält. Gemäß den Sicherheitsanforderungen für die Endlagerung /SaEndlWA 2010/ ist beim Nachweis der Langzeitsicherheit zwischen „wahrscheinlichen“ und „weniger wahrscheinlichen“ Entwicklungen zu unterscheiden². Für weniger wahrscheinliche Entwicklungen in der Nachverschlussphase ist nachzuweisen, dass die durch Freisetzung von Radionukliden, die aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen stammen, verursachte zusätzliche effektive Dosis für die dadurch betroffenen Menschen 0,1 Millisievert pro Jahr nicht überschreitet. Für wahrscheinliche Entwicklungen gelten strengere Anforderungen.

Die Endlagerung muss damit sicherstellen, dass Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager langfristig die aus der natürlichen Strahlenexposition resultierenden Risiken nur sehr wenig erhöhen.

² „Wahrscheinliche Entwicklungen sind die für diesen Standort prognostizierten normalen Entwicklungen und für vergleichbare Standorte oder ähnliche geologische Situationen normalerweise beobachtete Entwicklungen. Weniger wahrscheinliche Entwicklungen sind solche, die für diesen Standort unter ungünstigen geologischen oder klimatischen Annahmen eintreten können und die bei vergleichbaren Standorten oder vergleichbaren geologischen Situationen selten aufgetreten sind. Für die technischen Komponenten des Endlagers ist dabei eine als normal prognostizierte Entwicklung ihrer Eigenschaften bei Eintreten der jeweiligen geologischen Entwicklung zugrunde zu legen. Falls eine quantitative Angabe zur Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Entwicklung oder einer ungünstigen Entwicklung der Eigenschaften einer technischen Komponente möglich ist, sind diese hier zu betrachten, wenn diese Wahrscheinlichkeit bezogen auf den Nachweiszeitraum mindestens 1 % beträgt.“ /SaEndlWA 2010/

Generell können freigesetzte radioaktive Stoffe und andere Schadstoffe Auswirkungen auf die Schutzgüter Grundwasser, Menschen, Tiere und Pflanzen haben.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Bei der Bewertung von Umweltauswirkungen in der Nachverschlussphase eines Endlagers ist zu berücksichtigen, dass sich diese Phase über einen extrem langen Zeitraum von einer Million Jahre erstreckt. Die Bewertungen sind daher mit den für die anderen Projekte vorgenommenen Bewertungen nicht unmittelbar vergleichbar.

Methoden zur Bewertung der Langzeitsicherheit eines Endlagers sind vorhanden. Sie berücksichtigen auch den Umgang mit unvermeidlichen Unsicherheiten bei der Prognose der Entwicklung des Endlagers über den langen Zeitraum. Eine Vorhersage über die Entwicklung tatsächlich vorhandener Schutzgüter ist jedoch nicht möglich, so dass die Bewertung hilfsweise auf heute potenziell vorhandene Schutzgüter abgestellt wird.

Aufgrund dieser Randbedingungen wird für die Nachverschlussphase eines Endlagers auf die Einordnung der Umweltauswirkungen in die üblicherweise verwendeten Kategorien als, nicht relevant, potenziell relevant oder erheblich verzichtet, von erheblichen Auswirkungen ist jedoch nicht auszugehen.

Emissionen von radioaktiven Stoffen oder anderen Schadstoffen aus Endlagern in der Nachverschlussphase

Radioaktive Stoffe

Im Rahmen der SUP des NaPro werden die potenziellen Umweltauswirkungen durch unterstellte Freisetzungen radioaktiver Stoffe auf die Schutzgüter Menschen einschließlich der menschlichen Gesundheit, Tiere und Pflanzen sowie Wasser betrachtet.

Für ein Endlager nach Standortauswahlgesetz ist nachzuweisen, dass bei nicht auszuschließenden Freisetzungen die Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung für wahrscheinliche Entwicklungen nur zu einer zusätzlichen effektiven Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert pro Jahr ($\mu\text{Sv/a}$) führt. Unabhängig davon, ob überhaupt eine Freisetzung in die Biosphäre erfolgt und ob davon in ferner Zukunft Menschen betroffen sind, entspricht die nachzuweisende Dosis der international anerkannten de-Minimis-Dosis, die als Minimierungsgrenze zum Schutz des Menschen mit einer jährlichen individuellen Dosis im Bereich von $10 \mu\text{Sv/a}$ festgelegt wurde. Somit wären bei einem erfolgreichen Nachweis gemäß diesem Dosiskriterium keine potenziellen Umweltauswirkungen auf Menschen gegeben. Für weniger wahrscheinliche Entwicklungen eines Endlagers nach Standortauswahlgesetz wäre zu zeigen, dass eine etwaige Freisetzung Einzelpersonen der Bevölkerung mit nicht mehr als 0,1 Millisievert pro Jahr (mSv/a) zusätzlich belastet /SaEndlWA 2010/. Unabhängig davon, ob solche Freisetzungen überhaupt eintreten, liegt dieser Wert um den Faktor 10 unter dem derzeitigen Grenzwert nach § 46 der Strahlenschutzverordnung von 1mSv/a für Einzelpersonen der Bevölkerung. Dadurch ist sichergestellt, dass zukünftige Generationen nicht höher belastet sind als heutige Generationen. Zu berücksichtigen ist außerdem,

- dass es sich um etwaige Freisetzungen bei weniger wahrscheinlichen Entwicklungen also bei unterstellter Entwicklung des geologischen Untergrundes handelt, die sich ungünstig auf die Rückhaltung von Radionukliden auswirken,
- dass es sich um potenzielle Freisetzungen und daraus resultierende potenzielle Strahlenexpositionen handelt, die nach heutigen Einschätzungen nur mit einer geringen Wahrscheinlich-

keit auftreten, und die sich somit von einer tatsächlichen Strahlenexposition aus einer heutigen Tätigkeit unterscheiden, und

- dass die Dosiskriterien nach /SaEndlWA 2010/ nicht als ein Grenzwert sondern aufgrund der bestehenden Unwägbarkeiten zur Modellierung einer Dosis für Einzelpersonen der fernen Zukunft als Richtwert zur Überprüfung der Qualität des Langzeitsicherheitsnachweises dienen.

Im einschlusswirksamen Gebirgsbereich muss nach /SaEndlWA 2010/ die Bildung von sekundären Wasserwegsamkeiten ausgeschlossen sein, die zum Ein- oder Austreten schadstoffbelasteter Flüssigkeiten führen und im einschlusswirksamen Gebirgsbereich vorhandenes Porenwasser darf nicht am hydrogeologischen Kreislauf außerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs teilnehmen. Darüber hinaus muss für Ton- und Salzgesteine gezeigt werden, dass mechanische Beanspruchungen und Flüssigkeitsdrücke aus dem Deckgebirge sowie der aus der Einlagerung der radioaktiven Abfälle resultierende Wärmeeintrag die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht beeinträchtigen.

Der Nachweis der Langzeitsicherheit eines Endlagers nach Standortauswahlgesetz erfolgt gemäß Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung Wärme entwickelnder Abfälle /SaEndlWA 2010/ vor allem über den Nachweis der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs als Barriere über einen Zeitraum von einer Millionen Jahre. Die Vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben hat gezeigt, dass ein Nachweis zur Einhaltung der Grenzwerte grundsätzlich geführt werden kann. Allerdings sind im Rahmen des Standortauswahlverfahrens bzw. des anschließenden Genehmigungsverfahren für das Endlager die erforderlichen Nachweise erst noch zu führen.

Andere Schadstoffe

Nach § 48 Abs. 2 WHG /WHG 2014/ dürfen Stoffe nur so gelagert oder abgelagert werden, dass eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. Diese Anforderung wird durch das Geringfügigkeitsschwellenkonzept der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) konkretisiert /LAWA 2002//LAWA 2004//LAWA 2006/. Das Geringfügigkeitsschwellenkonzept basiert auf der Beurteilung der human- und ökotoxikologischen Eigenschaften von konventionellen Stoffen und legt Höchstwerte für Konzentrationen im Grundwasser fest, bei deren Einhaltung eine anthropogene Beeinflussung des Grundwassers ausgeschlossen werden kann.

Durch die Berücksichtigung von human- und ökotoxikologischen Kriterien sind bei Einhaltung der Geringfügigkeitsschwellenwerte sowohl Umweltauswirkungen auf das Grundwasser als auch auf Menschen, die menschliche Gesundheit sowie Pflanzen und Tiere auszuschließen. Die Geringfügigkeitsschwellenwerte sollen bereits vor einem Eintritt in das Grundwasser von in den Boden gelangenden oder aufgetragenen Stoffen eingehalten werden. Überschreiten die geogenen Hintergrundwerte eines Grundwassers die Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA, so können anstelle der Geringfügigkeitsschwellenwerte die jeweils bestehenden Hintergrundwerte des Grundwassers vor Ort angewendet werden.

Sofern für ein Endlager nach Standortauswahlgesetz ein vollständiger Einschluss der konventionellen Schadstoffe nicht nachweisbar ist, sind im Rahmen des Langzeitsicherheitsnachweises alle in das Endlager einzubringenden konventionellen Schadstoffe hinsichtlich ihres Löslichkeits- und Transportverhaltens zu inventarisieren /Alt et. al. 2009/. Konventionelle Schadstoffe des Endlagerinventars, für die der Nachweis erbracht werden kann, dass diese aufgrund ihres Löslichkeits- und Transportverhaltens nicht in einen Aquifer außerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gelangen, sind hinsichtlich ihrer Auswirkungen nicht weiter zu betrachten /Alt et. al. 2009/. Sofern ein Stoff in einem Endlager bei Lösungszutritt nur Lösungskonzentrationen erreicht, die die Geringfügigkeitsschwellenwerte für den Schutz des

Grundwassers der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) unterschreiten, sind Umweltauswirkungen auf das Grundwasser der Biosphäre nicht gegeben (einschließlich Auswirkungen auf Menschen, die menschliche Gesundheit, Tiere und Pflanzen).

Stoffe eines Endlagerinventars, für die ein Austritt aus dem einschusswirksamen Gebirgsbereich (ewG) nicht ausgeschlossen werden kann und die bei ihrem Austritt aus dem ewG bestehende oder abgeleiteten Geringfügigkeitsschwellen der LAWA überschreiten, sind hinsichtlich ihrer Migration zum Grundwasser der Biosphäre zu betrachten. Dabei ist der Aquifer festzulegen, in dem zum vorsorgenden Schutz des Grundwassers der Biosphäre die bestehenden oder abgeleiteten Geringfügigkeitsschwellen der LAWA einzuhalten sind /Alt et. al. 2009/. Generische Untersuchungen zum Inventar eines Endlagers für Wärme entwickelnde Abfälle zeigen, dass der Nachweis der Unterschreitung der Geringfügigkeitsschwellen erbracht werden kann /Alt et. al. 2009/. Maßgeblich ist jedoch der noch ausstehende Langzeitsicherheitsnachweis des im NaPro geplanten Endlagers für Wärme entwickelnde Abfälle.

5.2. Alternativ: Verbringung der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt wird

Als Alternative für die Entsorgung der Brennelemente von Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren wird die Verbringung in ein Land, in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden, betrachtet. Dabei konzentrieren sich die Ausführungen auf die Phase der Überführung der Brennelemente in ein entsprechendes Land. Die sich in diesem Land anschließenden Entsorgungsschritte (Wiederaufarbeitung und Endlagerung der daraus resultierenden Abfälle) sind nicht Gegenstand der SUP, da sie unter dem regulatorischen Regime des entsprechenden annehmenden Landes erfolgen.

Für die Rückführung bestrahlter Brennelemente mit hochangereichertem Uran aus US-Beständen, die ursprünglich an ausländische Forschungsreaktoren geliefert wurden, an den SRS-Komplex liegen Umweltverträglichkeitsprüfungen (Environmental Impact Statements) der US-Behörden vor /DoE 1996/, /DoE 2000/ und /DoE 2013/. Die Emission radioaktiver Stoffe sowie Risiken radiologischer Störfälle werden hier nicht weiter betrachtet.

Der Transport von Brennelementen in ein Land in dem Brennelemente für Forschungsreaktoren bereitgestellt oder hergestellt werden, würde im Ereignisfall mit denselben Transportbehältern wie für Wärme entwickelnde Abfälle, gemäß Kap. 5.1.3 erfolgen, d. h. bei einem angenommenen Seetransport mit Typ B Behältern.

Beim Transport der Brennelemente werden die Behälter zunächst vom Zwischenlager auf dem Landweg und ggf. auf dem Seeweg verbracht. Die entsprechenden Wirkfaktoren und potenziellen Umweltauswirkungen unterscheiden sich auf dieser Transportstrecke nicht wesentlich vom Transport der Brennelemente in das Endlager.

Wirkfaktoren

Die Wirkfaktoren beim Transport Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle innerhalb Deutschlands werden in Kapitel 5.1.3 behandelt. Beim Transport der Brennelemente in das Land der

Brennstoffherstellung ist zusätzlich zu Straße und Schiene der Transport auf dem Seeweg zu betrachten.

Ebenso wie für den Transport von Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen gem. Kap. 5.1.3 sind grundsätzlich im Wesentlichen die konventionellen Wirkfaktoren **Luftschadstoff- und Staubemissionen, Lärm und Erschütterung** zu betrachten. Aufgrund der im Ereignisfall geringen Anzahl dieser Transporte sind – unabhängig vom Verkehrsträger – die genannten konventionellen Wirkfaktoren hier nicht weiter zu betrachten.

Darüber hinaus sind die radiologischen Wirkfaktoren **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung) sowie **Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Unfällen** zu betrachten. Dabei sind die Eigenschaften des zu transportierenden radioaktiven Stoffes sowie des verwendeten Transportbehälters – in diesem Fall Typ B Behälter – zu berücksichtigen.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Luftschadstoff- und Schallemissionen

Das Volumen und die Zahl an Behältern der transportierten Abfälle aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren sind wesentlich kleiner als das der in Kapitel 5.1.3 betrachteten radioaktiven Abfälle. Eine weitergehende Betrachtung der aus den Transporten resultierenden Luftschadstoff- und Schallemissionen ist daher nicht erforderlich.

Direktstrahlung

In Deutschland sind Emissionen von Direktstrahlung durch die Strahlenschutzverordnung geregelt. Aufgrund der relativ geringen Anzahl von Behältern und des üblicherweise gegebenen Abstands von Personen der allgemeinen Bevölkerung zu diesen Behältern sind im Rahmen der SUP potenziell relevante Auswirkungen nicht zu betrachten.

Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Unfällen

Der Transport erfolgt in unfallfesten Typ B(U)-Behältern, die zum einen die ausreichende Abschirmung der stark strahlenden Stoffe gewährleisten müssen und zum anderen bestimmten Belastungen standhalten müssen, um als unfallfeste Transportbehälter zugelassen zu werden. Bei transportbedingten Unfällen während des Schiffstransports ist daher nicht von einer Freisetzung radioaktiver Stoffe auszugehen, sofern die zugrunde liegenden Prüfkriterien nicht überschritten werden (vergleiche Kapitel 5.1.3).

5.3. Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung

In diesem Kapitel werden die Umweltauswirkungen der Maßnahme „Zwischenlagerung von bestrahlten Brennelementen und Abfällen aus der Wiederaufarbeitung“ betrachtet. Die Betrachtung erfolgt für folgende Projekte und Projektphasen:

- Verlängerte Zwischenlagerzeit für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung
- Erweiterung der zulässigen Abfallarten von dezentralen Zwischenlagern zur Aufbewahrung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung
- Zwischenlagerung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren

Bei den Projekten wird jeweils die Phase „Betrieb“ berücksichtigt. Für die Projekte „Erweiterung der zulässigen Abfallarten von Standortzwischenlagern zur Aufbewahrung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung und „Zwischenlagerung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren“ erfolgt außerdem eine Betrachtung der Phase „Transport zum Zwischenlager“.

Innerhalb der einzelnen Kapitel zur Betrachtung der Umweltauswirkungen der o.g. Projekte erfolgt zunächst eine Darstellung der Tätigkeiten am Standort. Anschließend werden die Wirkfaktoren erläutert und die potenziellen Umweltauswirkungen beschrieben. Abschließend werden die potenziellen Umweltauswirkungen bewertet und Maßnahmen der Vermeidung und Minimierung dargestellt. Bei der Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen zahlreicher Wirkfaktoren wird auf den in Kapitel 4.1 dargestellten Bewertungsrahmen zurückgegriffen.

5.3.1. Verlängerte Zwischenlagerzeit für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung

Die Zwischenlager für bestrahlte Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung haben jeweils eine Genehmigung über 40 Jahre. Die erste Genehmigung wird 2034 auslaufen. Gemäß den Planungen im NaPro soll ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle um das Jahr 2050 in Betrieb gehen. Dadurch ergibt sich die Notwendigkeit, die bestrahlten Brennelemente und Abfälle aus der Wiederaufarbeitung weiter zwischenzulagern. Es ist mit einer erforderlichen Genehmigung zur Zwischenlagerung über einen begrenzten Zeitraum zu rechnen. Einige Jahre vor Ablauf der bestehenden Genehmigungen sind die Genehmigungsverfahren für eine weitere Zwischenlagerung durch einen Antrag zu beginnen.

Am Standort werden während des verlängerten Betriebs folgende Arbeiten ausgeführt:

- Bei Ein- und Auslagerungen finden Prüfungen der Behälter statt. Dabei erfolgen radiologische Kontrollen (Dosisleistungsmessung, Wischtests) und Kontrollen der Behälter auf Dichtheit und äußeren Beschädigungen. Sofern erforderlich, können in einer Behälterwartungsstation äußere Reparaturen durchgeführt werden (z. B. Tragzapfenwechsel, Aufschweißen eines Fügedeckels, Wechsel des Sekundärdeckels).
- Im Rahmen regelmäßiger Prüfungen werden an der Anlage (Gebäude, Kran, Notstromversorgung etc.) Reparaturen durchgeführt.

Wirkfaktoren

Die in diesem Kapitel beschriebenen Umweltauswirkungen beziehen sich auf einen begrenzten Zeitraum. Aspekte einer langfristigen Zwischenlagerung sind in Kapitel 6 beschrieben.

Der Zwischenlagerbetrieb führt zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung). Die Direktstrahlung wird, bezogen auf ein voll belegtes Lager, bei der Verlängerung der Zwischenlagerdauer, abnehmen, da kurzlebige Radionuklide abklingen. Da, bezogen auf den bisherigen Betrieb, keine zusätzlichen Umweltauswirkungen durch die Direktstrahlung zu besorgen sind, wird im Rahmen der SUP auf eine weitere Bewertung verzichtet. Die Lagerung und Verwendung sonstiger radioaktiver Stoffe (z. B. Prüfstrahler) ist im Hinblick auf Direktstrahlung ebenfalls nicht relevant.

Bei der Behälterwartung während des Betriebs entstehen flüssige und feste radioaktive Reststoffe. Es wird davon ausgegangen, dass nach der Freimessung aller anfallenden radioaktiven Reststoffe

jährlich etwa 10 l flüssiger **radioaktiver Betriebsabfälle** und 1 bis 3 kg fester radioaktiver Abfall anfallen /BfS 2015a/. Bezogen auf den bisherigen Betrieb würde durch eine verlängerte Zwischenlagerzeit keine Änderung der Art und Menge an anfallenden radioaktiven Abfällen entstehen, sodass keine zusätzlichen Umweltauswirkungen durch die radioaktiven Abfälle zu besorgen sind. Daher erfolgt im Rahmen der SUP des NaPro keine weitere Betrachtung.

Eine verlängerte Zwischenlagerzeit ist wie auch der bisherige Betrieb der Zwischenlager **nicht** mit der **Emissionen radioaktiver Stoffe** verbunden, da die Transportbehälter über zwei Deckeldichtungen technisch dicht sind (Genehmigungsvoraussetzung) und im Eingangslager nicht geöffnet werden. Sofern eine der Deckeldichtungen versagt, kann diese erneuert oder ein Fügedeckel aufgeschweißt werden.

Während einer weiteren Zwischenlagerzeit entsteht wie bisher **Wärmeeintrag** in den Untergrund, der zur Erwärmung des Bodens um das Eingangslager herum und zur Erwärmung des Grundwassers führt. Für die Standortzwischenlager in Deutschland wurden Erwärmungen des Bodens (bei maximaler Lagerbelegung und maximaler Wärmeleistung der Behälter) neben den Gebäuden von einigen K (ca. 5 K) und Erwärmungen des Grundwassers von bis zu 15 K prognostiziert /BfS 2015a/. Im Laufe der Zeit kühlen die Behälter ab, sodass weniger Wärme in den Untergrund eingetragen wird. Da, bezogen auf den bisherigen Betrieb, durch die verlängerte Zwischenlagerung keine zusätzlichen Umweltauswirkungen durch Wärmeeintrag zu besorgen sind, wird im Rahmen der SUP auf eine weitere Bewertung verzichtet.

Der verlängerte Zwischenlagerbetrieb beinhaltet – wie auch der derzeitige Betrieb der Zwischenlager – das Risiko von **Störfällen**. Im Rahmen der für eine verlängerte Aufbewahrung erforderlichen Genehmigungsverfahren wird geprüft, ob sich durch eine Verlängerung der Zwischenlagerzeit Auswirkungen auf die zu betrachtenden Störfälle und deren Bewertung ergeben. Aus übergreifender Sicht der SUP des NaPro sind daher für eine verlängerte Zwischenlagerzeit gegenüber der bisherigen Zwischenlagerung keine Veränderungen der Störfallrisiken zu betrachten.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Bezogen auf den bisherigen Betrieb sind durch eine Verlängerung der Zwischenlagerzeit von Wärme entwickelnden Abfällen an ihren bisherigen Standorten um einen begrenzten Zeitraum von ca. 20 Jahren vor dem Hintergrund der übergreifenden Betrachtung in der SUP keine zusätzlichen Umweltauswirkungen zu berücksichtigen. Im Rahmen der ausstehenden Genehmigungsverfahren sind potenzielle Umweltauswirkungen auf Basis des Sachstandes zu klären.

5.3.2. Erweiterung der zulässigen Abfallarten von Standortzwischenlagern zur Aufbewahrung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung

Die noch zurückzuführenden verglasten Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im europäischen Ausland sollen nicht in das Zwischenlager Gorleben eingelagert werden, sondern sie sollen in noch nicht näher bestimmte Standortzwischenlager gebracht und dort bis zur Annahmefähigkeit eines Eingangslagers am Standort eines Endlagers zwischengelagert werden. Hierfür sind Behälter der Bauart CASTOR® HAW28M vorgesehen. Die Standortzwischenlager sollen für die Aufnahme dieses Abfallstroms weder baulich erweitert noch hinsichtlich des zulässigen Aktivitätsinventars modifiziert werden. Die Umweltauswirkungen der anfallenden Transporte sind im vorliegenden Kontext der SUP vernachlässigbar, da es sich nur um eine geringe Zahl von Fahrbewegungen handelt, die nicht zu relevanten Immissionen führen.

Die Anlieferung der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung erfolgt auf Basis bestehender Verpflichtungen. Die Bundesregierung hat gegenüber der französischen und der britischen Regierung in Notenwechsels aus den Jahren 1979 bzw. 1990/1991 das Recht dieser beiden Staaten bekräftigt, die bei der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente anfallenden Abfälle und andere Erzeugnisse nach Deutschland zurückführen zu können /BMUB 2014/.

Am Standort werden folgende Arbeiten ausgeführt:

- Während des Betriebs werden Transport- und Lagerbehälter angenommen und in das Zwischenlager eingelagert. Annahme, Einlagerung und Auslagerung dieser Behälter erfolgen mit radiologischen Kontrollen (Dosisleistungsmessung, Wischtests) und Kontrollen der Behälter auf Dichtheit und äußere Beschädigungen. Sofern erforderlich, können in einer Behälterwartungsstation äußere Reparaturen durchgeführt werden (z. B. Tragzapfenwechsel, Aufschweißen eines Fügedeckels, Wechsel des Sekundärdeckels).
- Nach der verkehrsrechtlichen Zulassung des Behälters CASTOR®HAW28M kann dieser nur mit intaktem Primärdeckel als „Dichte Umschließung“ befördert werden /ESK 2014/. Wenn das Primärdeckeldichtsystem dieser Behälter versagt, kann für den Lagerbetrieb die Wiederherstellung des Doppeldeckelsystems mit einem Fügedeckel erreicht werden. Vor einem Abtransport in ein Endlager muss jedoch ein zulassungskonformer Zustand hergestellt werden. Um die Transportfähigkeit im Falle des Versagens des Primärdeckels wiederherzustellen, kann gemäß /ESK 2014/ der Bau einer Heißen Zelle erforderlich werden, um darin eine Behälteröffnung durchzuführen und den Primärdeckel zu erneuern. Diese könnte im bestehenden Zwischenlager eingerichtet werden oder in einen separaten Gebäude, das ggf. hierfür errichtet werden müsste. Aus Sicht der Entsorgungskommission (ESK) /ESK 2014/ besteht nur eine geringe Wahrscheinlichkeit, dass während der Zwischenlagerzeit ein Versagensereignis hinsichtlich des Primärdeckelsystems eines Behälters CASTOR®HAW28M auftritt. Daher ist auch die Erfordernis zur Errichtung einer Heißen Zelle eher unwahrscheinlich. Die Errichtung, der Betrieb und der Rückbau einer Heißen Zelle würden zu konventionellen und radiologischen Wirkfaktoren führen. Auf Grund des übergreifenden Charakters dieser SUP werden Bau und Betrieb einer Heißen Zelle nicht weiter betrachtet. Gleichwohl ist dieser Aspekt im Genehmigungsverfahren zu prüfen.

Die Umweltauswirkungen für das jeweils voll belegte Standortzwischenlager wurden bereits in der jeweiligen UVP untersucht. Im Folgenden werden nur die Wirkfaktoren beschrieben, die durch die Zwischenlagerung der Abfälle aus der Wiederaufbereitung zusätzlich auftreten können bzw. die sich hierdurch verändern können.

Wirkfaktoren

Durch die Abfälle aus der Wiederaufbereitung kann sich der **Wärmeeintrag** in den Untergrund ändern, der zur Erwärmung des Bodens um das Lager herum und zur Erwärmung des Grundwassers führt. Für die Standortzwischenlager in Deutschland wurden Erwärmungen des Bodens (bei maximaler Lagerbelegung und maximaler Wärmeleistung der Behälter) neben den Gebäuden von einigen K (ca. 5 K) und Erwärmungen des Grundwassers von bis zu 15 K prognostiziert /BfS 2015a/.

Die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung führen im Zwischenlagerbetrieb zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung).

Die Zwischenlagerung der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung beinhaltet das Risiko von **Störfällen**.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Wärmeeintrag

Ein Wärmeeintrag in den Boden und das Grundwasser unterhalb des Lagers und um das Lager herum wirkt sich auf die Lebensraumfunktion des Bodens und des Grundwassers aus und kann damit auch auf die Eigenschaften des Grundwassers rückwirken (vgl. Kapitel 5.1.4).

Direktstrahlung

Durch die Abfälle aus der Wiederaufarbeitung kann sich im Zwischenlagerbetrieb die Emission von Direktstrahlung (Gamma- und Neutronenstrahlung) ändern. Die grundlegenden Wirkungen von Direktstrahlung sind in Kapitel 4.1.4 dargestellt.

Störfälle

Die Zwischenlagerung erfolgt in massiven Transport- und Lagerbehältern. Eine Freisetzung von radioaktiven Stoffen ist infolge eines Behälterabsturzes, des Absturzes von Lasten auf den Behälter oder eines Brandes nicht zu unterstellen. Durch Einwirkungen mit terroristischem Hintergrund wären Freisetzungen radioaktiver Stoffe möglich. Die Risiken unterscheiden sich damit nicht wesentlich von denen der Lagerung bestrahlter Brennelemente. Aus übergreifender Sicht der SUP sind gegenüber der bisher genehmigten Zwischenlagerung keine wesentlichen Veränderungen der Störfallrisiken gegeben, sodass dieser Aspekt im Rahmen der SUP nicht weiter betrachtet wird.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Wärmeeintrag

Für die Bewertung ist wichtig, ob durch die Wärme entwickelnden Abfälle aus der Wiederaufarbeitung zusätzlich zum bereits in der UVP der Standortzwischenlager betrachteten Wärmeeintrag für ein voll belegtes Lager Wärme eingetragen werden kann. Im Folgenden wird dies abgeschätzt.

Insgesamt sind noch 21 Behälter mit Wärme entwickelnden Abfällen aus der Wiederaufarbeitung zurückzuführen. Welche Behälterart hierfür verwendet wird, ist nicht bekannt. Es wird deshalb hier modellhaft von dem Typ CASTOR®HAW28M ausgegangen. Die maximale Wärmeleistung eines CASTOR®HAW28M beträgt 56 kW /GNS 2010/. Daraus ergibt sich für alle 21 Behälter eine Wärmeleistung von 1176 kW. Geht man davon aus, dass bei einer Verteilung der zurückzuführenden Abfälle nicht mehr als 7 Behälter pro Zwischenlager eingelagert werden, so ergibt sich eine maximale einzulagernde Wärmeleistung von 392 kW. Die genehmigte maximale Wärmeleistung der Zwischenlager reicht von 2 bis 6 MW.

Durch die frühestmögliche zeitlich gestaffelte Beendigung der Nutzung der Kernenergie in Deutschland werden nach /BfS 2015c/ nicht alle genehmigten Stellplätze benötigt. Somit wird die genehmigte Wärmeleistung nicht ausgeschöpft.

Die Erwärmung des Bodens und des Grundwasser durch die Einlagerung rückgeführter Wärme entwickelnder Abfälle in Standortzwischenlager sind im Rahmen der SUP des NaPro keine potenziell relevanten Umweltauswirkungen, da keine wesentliche Überschreitung des bereits betrachteten Wärmeeintrags zu erwarten ist.

Direktstrahlung

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.4 dargestellt. Die Emission der Direktstrahlung des Zwischenlagers wird durch messtechnische Überprüfung kontrolliert. Die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung sind einzuhalten.

Konkrete Maßnahmen der Minimierung im Hinblick auf reale Aufenthaltszeiten von Personen am Standort oder Personen im öffentlich zugänglichen Bereich können realisiert werden. Im Rahmen der SUP ist aufgrund von Direktstrahlung nicht von potenziell relevanten Umweltauswirkungen auszugehen.

5.3.3. Zwischenlagerung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren

Gemäß den Planungen des NaPro ist die Zwischenlagerung der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren mit dem Ziel der Endlagerung oder der Abgabe an ein Land, in dem Brennstoff für Forschungsreaktoren hergestellt wird, zu betrachten. Hierzu müssen die Brennelemente, die derzeit noch in den Nasslagern der Forschungsreaktoren lagern, in trockene Transport- und Lagerbehälter überführt und in ein bestehendes Zwischenlager transportiert werden. Die Zwischenlager sollen hierfür nicht baulich erweitert werden. Vielmehr sollen die vorhandenen Stellplätze genutzt werden.

Der bestrahlte Kernbrennstoff befindet sich in den Nasslagern der Forschungsreaktoren in Berlin, Garching und Mainz. Bereits eingelagert sind 479 Behältern (trockene Zwischenlagerung) in den Zwischenlagern Ahaus, Jülich und dem Zwischenlager Nord. Es wird insgesamt eine anfallende Menge von 10 bis 12 Mg SM erwartet /NaPro 2015/.

Die Auswirkungen aus den Transporten sind im vorliegenden Kontext vernachlässigbar.

Während des Betriebs der bestehenden Zwischenlager für Forschungs-, Versuchs- und Demonstrationsreaktoren werden Transportbehälter angenommen und eingelagert. Annahme, Einlagerung und Auslagerung von Transportbehältern erfolgen mit radiologischen Kontrollen (Dosisleistungsmessung, Wischtests) und Kontrollen der Behälter auf Dichtheit und äußeren Beschädigungen. Sofern erforderlich, können äußere Reparaturen durchgeführt werden (z. B. Tragzapfenwechsel).

Die Umweltauswirkungen für die zur Verfügung stehenden Zwischenlager wurden bereits im Rahmen der Genehmigungsverfahren geprüft. Im Folgenden werden nur Wirkfaktoren beschrieben, die durch das Inventar der Abfälle zusätzlich auftreten können bzw. die sich hierdurch verändern können.

Wirkfaktoren

Durch die Abfälle entsteht **Wärmeeintrag** in den Untergrund. Da es sich im Vergleich zu einer Zwischenlagerung von Brennelementen aus dem Leistungsbetrieb um eine geringe Menge an Wärme entwickelnden Abfall handelt, der durch den Betrieb der Forschungs-, Versuchs- und Demonstrationsreaktoren anfällt, ist der daraus resultierende Wärmeeintrag in den Untergrund im Hinblick auf Umweltauswirkungen vernachlässigbar. Eine weitere Betrachtung erfolgt daher im Rahmen der SUP nicht.

Die Abfälle der Forschungs-, Versuchs- und Demonstrationsreaktoren führen im Zwischenlagerbetrieb zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung), die jedoch über die Betrachtungen in den bereits bestehenden Genehmigungen abgedeckt ist. Grundsätzliche Umweltauswirkungen von Direktstrahlung sind in Kapitel 4.1.4 dargestellt. Die geringe Menge an prognostizierten Abfällen aus Forschungs-, Versuchs- und Demonstrations-

reaktoren erfordert vor dem Hintergrund der übergreifenden Betrachtung der SUP des NaPro keine vertiefende Betrachtung von Umweltauswirkungen durch Direktstrahlung.

Die Lagerung beinhaltet das Risiko von **Störfällen**, für die jedoch in den bestehenden Genehmigungen der Zwischenlager bereits Vorsorge getroffen wurde. Eine weitere Betrachtung ist im Rahmen der SUP des NaPro daher nicht erforderlich.

5.4. Entsorgung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und Stilllegung der Schachtanlage Asse II

Die Entsorgung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II umfasst folgende Projekte und Projektphasen

- Rückholung und endlagergerechte Konditionierung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II
- Zwischenlagerung der konditionierten radioaktiven Abfälle
- Stilllegung der Schachtanlage Asse II
- Überführung der radioaktiven Abfälle in das Endlager
- Endlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle im Endlager nach Standortauswahlgesetz
- Option: Endlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle im Endlager-Konrad

5.4.1. Rückholung und Konditionierung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II

Gemäß dem Gesetz zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachtanlage Asse II /Lex Asse 2013/ sollen die Abfälle aus der Schachtanlage Asse II zurückgeholt und vor Ort konditioniert werden.

5.4.1.1. Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II

Der Planungsstand dieses Projektes befindet sich in einer frühen Phase der Umsetzung. Derzeit findet die sogenannte Faktenerhebung statt, die von erforderlichen Untersuchungen zu Marktverfügbarkeit und technischen Voraussetzungen der notwendigen Bergungstechnik und Machbarkeitsstudien zur prinzipiellen Vorgehensweise bei der Rückholung begleitet wird. Die Bergung wird voraussichtlich über fernhantierte Spezialmaschinen erfolgen. Durch das Einrichten von Schleusen unter Tage soll gewährleistet werden, dass bei der Handhabung der radioaktiven Abfälle die Vorgaben der StriSchV im Hinblick auf die Einhaltung von Dosisgrenzwerten eingehalten werden.

Derzeitige Schätzungen gehen davon aus, dass bei der Rückholung mindestens 90.000 Mg an unkonditionierten Abfällen anfallen werden, daraus ergibt sich nach der Konditionierung ein Abfallvolumen von ca. 175.000 bis 220.000 m³ für die spätere Endlagerung /BfS 2014/.

Die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle lagern derzeit in insgesamt 12 Kammern auf der 725 m- und der 750 m Sohle. Ausschließlich mittelradioaktive Abfälle lagern derzeit in einer Kammer in 511 m Teufe. Die Rückholung wird in folgende Phasen unterteilt:

- Abteufen des Schachtes Asse 5 und Errichtung von Infrastrukturen für die Anbindung des Schachtes (Verkehrswege, Schleusen, Verpackungsanlagen, Bewetterung, Stromzugang etc.) an den Standort
- Bergung der radioaktiven Abfälle

Nach derzeitigem Kenntnisstand kann die Rückholung nicht vor 2033 begonnen werden und wird mehrere Jahrzehnte dauern /BfS 2014/.

Wirkfaktoren

Für den Bau des Schachtes Asse 5 sowie weitere Gebäude und Infrastrukturen erfolgt eine **Flächeninanspruchnahme**. Für diese Umweltprüfung wird von einer maximal zu versiegelnden Fläche ausgegangen, die der Errichtung der Tagesanlagen eines Erkundungsbergwerks (geschätzt auf maximal 50.000 m²) entspricht.

Durch die Errichtung eines Schachtgebäudes sowie ggf. weiterer Gebäude besteht **Raumwirkung**.

Für die Wirkungen **Luftschadstoffe** sowie **Lärm und Erschütterungen** wird während der Bauphase des Schachtes 5 angenommen, dass sie maximal in dem Umfang auftreten, wie sie in etwa bei der Errichtung von Erkundungsbergwerken zu erwarten sind.

Während des Abteufens des Schachtes werden **Grundwasserabsenkungen** insbesondere bei der Erstellung des Vorschachtes nicht ausgeschlossen /DMT 2014/. Die Einleitung geförderten Grundwassers würde als **konventionelles Abwasser** erfolgen.

Die Bewertung der Umweltauswirkungen durch **Grundwasserabsenkung** und Einleitung geförderten Grundwassers als **Abwasser** erfolgt im Kapitel 4.1.7, so dass diese Wirkfaktoren nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet werden.

Der Rückholungsbetrieb wird allenfalls unerheblich zu Luftschadstoffen und Lärm führen, da die Arbeiten größtenteils untertägig oder in geschlossenen Hallen stattfinden sollen. Luftschadstoffe sollen dabei durch die Filterung der Abluft nach Möglichkeit zurückgehalten werden.

Der Rückholungsbetrieb führt nicht zu im Rahmen der SUP relevanter **Direktstrahlung**, da die Tätigkeiten unter Tage durchgeführt werden. Übertägig werden nur in Overpacks verpackte Gebinde gehandhabt. Die Direktstrahlung bei der Zwischenlagerung und Konditionierung wird in Kapitel 5.4.1.2 und 5.4.1.2 betrachtet.

Während der Rückholung wird die Bewetterung der Arbeitsbereiche und ggf. auch der geöffneten Einlagerungskammern notwendig. Infolgedessen wird gegenüber dem heutigen Zustand eine erhöhte Menge an gasförmigen Radionukliden als **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad** in die Umwelt abgeleitet. Bei den Bergungsarbeiten unter Tage können Stäube, die radioaktiv kontaminiert sind, in wesentlicher Menge entstehen. Partikel und Schwebstoffe können mit einem hohen Wirkungsgrad (> 99,9%) in Filteranlagen abgeschieden werden.

Risiken möglicher **Störfälle** bestehen während des untertägigen Rückholungsbetriebes.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme durch Errichtung eines Schachtes sowie ggf. weiterer Verkehrsflächen führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der betroffenen Fläche.

Raumwirkung

Raumwirkung verändert das Erscheinungsbild einer betroffenen Landschaft und kann ihre Erholungsfunktion herabsetzen. Raumwirkung ist vom subjektiven Empfinden des Betrachters abhängig, sie gewinnt bei hoher Anzahl an betroffenen Anwohnern oder Erholungssuchenden zusätzliches Gewicht. Die Einsehbarkeit des Standorts ist insbesondere in touristisch geprägten Regionen relevant.

Luftschadstoffe

Luftschadstoffemissionen, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide, werden durch den Betrieb von Geräten und Maschinen im Bergwerk sowie bei der Errichtung von Gebäuden und Verkehrswegen verursacht. Hinzu kommen ggf. die Fahrbewegungen zwischen Bergwerk und Abraumhalde. Abwehungen von der Abraumhalde sind ebenfalls möglich. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm

Lärm wird durch die gleichen Geräte, Maschinen und Transportfahrzeuge verursacht wie die Emissionen von Luftschadstoffen. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Bisherige Abschätzungen ergaben, dass die gesetzlichen Dosisgrenzwerte nach § 47 StrlSchV bis zu etwa einem Viertel ausgeschöpft sein könnten /DMT&TÜV 2009/.

Störfälle

Freisetzungen von radioaktiven Stoffen sind beim Öffnen von Kammern, durch Handhabungsfehler bei einer Abfallbergung, durch Brand oder Explosion etc. prinzipiell möglich.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme für das Schachtgebäude und ggf. weitere Verkehrsflächen und Gebäude ist als potenziell erhebliche Umweltauswirkung zu bewerten.

Minimierungen von Auswirkungen sind bei der Festlegung der Flächen für Gebäude und Verkehrsflächen möglich. Als Standort wären Schutzgebiete oder Lebensräumen geschützter Arten zu vermeiden. Unter Berücksichtigung artspezifischer ökologischer Ansprüche besteht ggf. auch die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Raumwirkung

Die Raumwirkung des Schachtgebäudes sowie ggf. weiterer zu errichtender Gebäude auf das Landschaftsbild ist eine potenziell relevante Umweltauswirkung. Eine Bewertung der Raumwirkung kann nur anhand bildlicher Darstellungen der geplanten Anlage in der Landschaft (Fotomontagen) unter Berücksichtigung aller relevanten Blickrichtungen erfolgen.

Minimierungen von Auswirkungen auf das Landschaftsbild durch Raumwirkung zielen darauf ab, Sichtbeziehungen aus der Umgebung zu vermeiden oder zu reduzieren. Dabei können das Relief der Landschaft einbezogen werden, Verschattungen durch Wald erfolgen oder die Farbgestaltung von Gebäuden dem Landschaftsbild angepasst werden.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Emissionen von Luftschadstoffen werden in der gleichen Größenordnung verursacht wie beim heutigen Offenhaltungsbetrieb der Schachtanlage Asse II und bei der Errichtung eines Erkundungsbergwerks. Werden Abraumhalden abgedeckt, um Abwehungen zu minimieren, kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass bei einem Abstand zur nächstgelegenen Wohnbebauung von 700 m keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Tiere auftreten.

Lärm

Lärm wird in der gleichen Größenordnung verursacht wie beim heutigen Offenhaltungsbetrieb der Schachtanlage Asse II und bei der Errichtung eines Erkundungsbergwerks. Beträgt der Abstand zur nächstgelegenen Wohnbebauung wie bei Errichtung eines Erkundungsbergwerks mehr als 700 m, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten.

Zur Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf Vögel müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände sehr unterschiedlich sind.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Die tatsächliche Höhe der Ableitungen und die maximale Dosis bei Ausschöpfung genehmigter Ableitungswerte können erst bei Fortschritt der Kenntnisse über den Zustand der rückzuholenden Abfälle sowie konkreter Entwicklung und Planung der Bergungstechnik besser abgeschätzt werden. Durch Lüftungstechnische Maßnahmen können die Ableitungen reduziert werden. Für die Rückholung ist sicherzustellen, dass die Dosisgrenzwerte nach § 47 StrlSchV eingehalten sind. Für die Emissionen radioaktiver Stoffe können potenziell relevante Umweltauswirkungen im Rahmen der SUP nicht ausgeschlossen werden.

Störfälle

Im Genehmigungsverfahren ist eine Störfallanalyse durchzuführen, in der eine ausreichende Störfallvorsorge nachgewiesen wird. Dabei kann der Störfallplanungswert von der Genehmigungsbehörde im Einzelfall festgelegt werden /Lex Asse 2013/. Im Rahmen der SUP sind daher potenziell relevante Umweltauswirkungen nicht auszuschließen.

5.4.1.2. Konditionierung der rückgeholten radioaktiven Abfälle am Ort der Rückholung

Eine Konditionierung der rückgeholten radioaktiven Abfälle ist erforderlich. Der Ort der Konditionierung ist derzeit nicht festgelegt. Für diesen Bericht wird jedoch angenommen, dass diese am Ort der Rückholung erfolgt.

- Während der Bauphase erfolgt die Errichtung der Konditionierungsanlage und eines Pufferlagers zur Eingangs- und Ausgangslagerung sowie der Infrastrukturen (Straßenanbindung, Elektrizität etc.). Ggf. werden weitere Gebäude für Anlagensicherung, Wartungsarbeiten und Personal errichtet.
- Während des Betriebes werden nach außen kontaminationsfreie Overpacks über Tage angeliefert, radiologische Messungen durchgeführt und die Abfälle nach einer ggf. erfolgreichen

Separation neu verpackt. Fertig konditionierte Abfallgebände werden im Ausgangspufferlager zu Transporteinheiten für eine Überführung in das eigentliche Zwischenlager (vgl. Kapitel 5.4.2) bereitgestellt.

- Die Stilllegung der Konditionierungsanlage entspricht im Hinblick auf Wirkfaktoren im Wesentlichen ihrem Bau.

Wirkfaktoren

Der Flächenbedarf des Gebäudes beträgt gemäß Planungskonzept 2.350 m² /GNS 2011/. Je nachdem, ob das Zwischenlager und die Konditionierungsanlage beisammen am Ort der Rückholung errichtet werden oder voneinander getrennt, können wesentliche Abweichungen vom Konzept bestehen.

Beim Bau und Rückbau kommt es zu Emissionen von **Luftschadstoffen** sowie **Lärm und Erschütterungen**. Während des Betriebs der Anlage sind Luftschadstoff- und Staubemissionen sowie Lärm nicht relevant. Während des Baus können Maßnahmen der **Grundwasserabsenkung** und **Abwassereinleitung** erforderlich sein.

Durch das Gebäude entsteht **Raumwirkung**.

Beim Bau einer Konditionierungsanlage können temporär **Grundwasserabsenkungen** und Einleitungen gefördert Grundwassers als **konventionelles Abwasser** nicht ausgeschlossen werden. Diese Wirkfaktoren werden im Kapitel 4.1.7 betrachtet, sodass hier keine weiteren Ausführungen erforderlich sind.

In der Konditionierungsanlage erfolgt der tägliche Umgang mit einem geringen Anteil des gesamten Inventars aller Abfälle von ca. $3,9 \cdot 10^{14}$ Bq Alpha-Aktivität sowie etwa $2,3 \cdot 10^{15}$ Bq Beta/Gamma-Gesamtaktivität /TÜV 2013/. Während der Konditionierung sind Wirkungen durch **Direktstrahlung, Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und den Wasserpfad (Ableitungen)** sowie Risiken möglicher **Störfälle** zu berücksichtigen. Für die Ableitung über die Fortluft und das Abwasser sowie im Hinblick auf Störfallrisiken können Analogieschlüsse auf der Basis der Erfahrung mit Konditionierungseinrichtungen gezogen werden. Eine große Konditionierungsanlage für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung wird derzeit durch die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) der WAK GmbH in Karlsruhe betrieben. Die Ableitung radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad beinhaltet als stoffgebundene Ableitung und auf Grund zusätzlicher konventioneller Stoffe (z. B. Rückstände von Reinigungssubstanzen) eine Ableitung als **konventionelles Abwasser**. Die Bewertung des Wirkfaktors konventionelles Abwasser erfolgt im Kapitel 4.1.7 und wird nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet.

Anfallende **radioaktive Betriebsabfälle** werden nach einer Konditionierung bis zur Endlagerung zwischengelagert und sind für die Betrachtungen in der SUP von untergeordneter Bedeutung.

Bei einem Rückbau der Konditionierungsanlage fallen im Vergleich zu den insgesamt anfallenden Baumassen geringe Mengen an radioaktiven Abfällen bei der Dekontamination an, die einer Endlagerung zuzuführen sind. Die anfallenden Mengen sind für die Betrachtung der SUP nicht relevant.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von 2.500 m² führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der betroffenen Fläche. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten und ein Schutzgebiet betroffen sind.

Raumwirkung

Raumwirkung verändert das Erscheinungsbild einer betroffenen Landschaft und kann ihre Erholungsfunktion herabsetzen. Raumwirkung ist vom subjektiven Empfinden des Betrachters abhängig, sie gewinnt bei hoher Anzahl an betroffenen Anwohnern oder Erholungssuchenden zusätzliches Gewicht. Die Einsehbarkeit des Standorts ist insbesondere in touristisch geprägten Regionen relevant.

Luftschadstoffe

Bei der Errichtung und beim Rückbau der Konditionierungsanlage werden Luftschadstoffe, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten emittiert. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird bei der Errichtung und beim Rückbau der Konditionierungsanlage auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten und sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken sowie Schäden an Gebäuden verursachen.

Direktstrahlung

Die Direktstrahlung aus einer Konditionierungsanlage mit möglichem Pufferlager für die Abfälle aus der Schachanlage Asse II beträgt wenige 100 m hinter dem Anlagenzaun bereits weniger als 10 µSv/a /Steag 2014/.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

In /Frank 2014/ sind die festgelegten Genehmigungswerte für die mit der Abluft u. a. aus sieben verschiedenen Bereichen der HDB abgeleiteten Radionuklide angegeben. Für die sieben HDB-Bereiche sind u. a. die folgenden Ableitungen genehmigt (der überwiegende Teil entfällt auf die Verbrennungsanlage): 8,0E13 Bq/a für H-3, 1,5E12 Bq/a für C-14, 1,8E12 Bq/a für Edelgase (ohne Rn-222), 2,6E8 Bq/a für I-129, 4,5E7 Bq/a für langlebige Alphastrahler und 2,1E10 Bq/a für langlebige Betastrahler. Ableitungen radioaktiver Stoffe in dieser Größenordnung können einer Beurteilung möglicher Umweltauswirkungen der Anlage zur Konditionierung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II zugrunde gelegt werden.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)

Höher aktive Flüssigkeiten werden dem radioaktiven Abfall zugeführt, die übrigen Abwässer werden im Rahmen der entsprechenden Genehmigung abgeleitet.

Störfälle

Durch Einwirkungen von innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand, Leckage etc.) sowie von außen (Erdbeben etc.) bestehen Risiken für störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von ca. 2.350 m² ist als potenziell erhebliche Umweltauswirkung zu bewerten.

Minimierungen von Auswirkungen sind bei der Standortauswahl möglich. Als Standort wären Schutzgebiete oder Lebensräumen geschützter Arten zu vermeiden. Unter Berücksichtigung artspezifischer ökologischer Ansprüche besteht ggf. auch die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Raumwirkung

Die Raumwirkung des Gebäudes auf das Landschaftsbild ist eine potenziell relevante Umweltauswirkung. Eine Bewertung der Raumwirkung kann nur anhand bildlicher Darstellungen der geplanten Anlage in der Landschaft (Fotomontagen) unter Berücksichtigung aller relevanten Blickrichtungen erfolgen.

Minimierungen von Auswirkungen auf das Landschaftsbild durch Raumwirkung zielen darauf ab, Sichtbeziehungen aus der Umgebung zu vermeiden oder zu reduzieren. Dabei können das Relief der Landschaft einbezogen werden, Erdwälle angelegt werden, Verschattungen der Anlage durch Wald erfolgen oder die Farbgestaltung des Gebäudes dem Landschaftsbild angepasst werden.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Die Errichtung der Konditionierungsanlage ist hinsichtlich der möglichen Auswirkungen vergleichbar mit dem Bau von Reststoffbehandlungszentren an anderen Standorten. Die eingesetzten Maschinen und Geräte sind voraussichtlich vergleichbar. Ein Abgleich mit den Ergebnissen von Umwelterheblichkeitsstudien für die Reststoffbehandlungszentren ergibt folgendes:

- Ab einem Abstand von 1 km sind durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten, wenn die Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.
- Werden Ortschaften umfahren und führt die Route nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von etwa 1 km zur Baustelle einer Konditionierungsanlage können potenziell relevante Umweltauswirkungen bestehen, für die ggf. Minimierungsmaßnahmen zu betrachten sind.

Lärm und Erschütterungen

Hinsichtlich Lärm und Erschütterungen besteht ebenfalls eine direkte Vergleichbarkeit mit Umwelterheblichkeitsstudien zum Bau von Reststoffbehandlungszentren. Ein Abgleich ergibt folgendes:

- Wird davon ausgegangen, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird, sollte ein Abstand von 1 km ausreichen, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen zu vermeiden. Zur Vorsorge können zusätzliche Lärminderungsmaßnahmen getroffen werden (siehe Kapitel 4.1.2).

- Erschütterungen beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, sodass keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Tiere zu erwarten sind.
- Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten.
- Zur Bewertung der Auswirkungen auf Vögel entlang der Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße sehr unterschiedlich sind.

Innerhalb eines Abstandes von etwa 1 bzw. 1,5 km zur Baustelle können potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen bestehen. Innerhalb von 100 m zu den Transportrouten können potenzielle Umweltauswirkungen auf Menschen in Wohngebieten oder anderen empfindlichen Nutzungen bestehen (z. B. Krankenhäuser).

Direktstrahlung

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.4 dargestellt. Die Emission der Direktstrahlung der Konditionierungsanlage und des Pufferlagers ist eine potenziell relevante Umweltauswirkung, die durch messtechnische Überprüfung unter Realisierung von Maßnahmen zur Minimierung soweit begrenzt wird, dass die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung eingehalten werden. Möglichkeiten der Minimierung bestehen insbesondere durch bauliche Abschirmmaßnahmen.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Ableitungen radioaktiver Stoffe, wie sie aus dem oben angeführten Beispiel einer großen Konditionierungseinrichtung erfolgen, führen in der Umgebung zur deutlichen Unterschreitung der zulässigen Dosisgrenzwerte. Voraussetzung ist dabei insbesondere eine ausreichend bemessene Kaminhöhe. Es bestehen potenziell relevante Umweltauswirkungen die im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen sind.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)

Bei den Ableitungen mit dem Abwasser kann der Ableitungswert so gewählt werden, dass die Dosisgrenzwerte eingehalten sind und alle dann nicht ableitbaren Abwässer weiter gereinigt oder nach Behandlung der Endlagerung zugeführt werden. Es bestehen potenziell relevante Umweltauswirkungen, die im Genehmigungsverfahren zu berücksichtigen sind.

Störfälle

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.7 dargestellt. Eine Konditionierungsanlage beinhaltet Störfallrisiken, gegen die Vorsorge zu treffen ist. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die Minimierung von Störfallrisiken als Quelle potenziell relevanter Umweltauswirkungen auf Basis einer Risikoanalyse zu berücksichtigen.

5.4.2. Zwischenlagerung der konditionierten radioaktiven Abfälle

Der Standort für die Zwischenlagerung der konditionierten radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II ist derzeit nicht festgelegt. Das Projekt ist in folgende Phasen zu unterteilen

- Während der Bauphase erfolgt die Errichtung des Zwischenlagers mit Verkehrswegen zur Anbindung an das öffentliche Straßennetz sowie weiteren Gebäuden zum Zweck der

Einlagerung, Anlagensicherung und Wartung von Behältern sowie zur Unterbringung von Personal.

- Während des Zwischenlagerbetriebes erfolgt die sukzessive Einlagerung von Behältern, die Lagerung der Behälter unter Durchführung von Kontrollarbeiten und die Auslagerung der Behälter zur Überführung in ein Endlager.
- Die Stilllegung des Zwischenlagers entspricht im Hinblick auf Wirkfaktoren im Wesentlichen dem Bau des Zwischenlagers. Nach vorheriger Freimessung werden die Gebäude konventionell abgerissen oder anderweitig genutzt.

Wirkfaktoren

Aufgrund der Vergrößerung des Volumens (siehe Kapitel 5.4.1.2) durch Konditionierung der rückgeholt radioaktiven Abfälle ergibt sich die Erfordernis zur Lagerung endlagergerechter Gebinde mit einem Gesamt-Volumen von ca. 175.000 bis 220.000 m³ /BfS 2014/. Das Bauvolumen des Zwischenlagers beträgt demzufolge 1,3 Mio. m³. Bei einer Gebäudehöhe von etwa 15 m ergibt sich dann eine Gebäudefläche von ca. 85.000 m². Unter Berücksichtigung weiterer Flächen für Verkehrsflächen, Infrastruktureinrichtungen wie Bürogebäude und Sicherungsanlagen wird für die gesamte **Flächeninanspruchnahme** von etwa 100.000 m² ausgegangen.

Durch das Zwischenlagergebäude entsteht **Raumwirkung** in der umgebenden Landschaft.

Sollte das Zwischenlager so dimensioniert werden müssen, dass es alle radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II aufnehmen könnte, wäre es etwa zwanzigmal größer als beispielsweise Zwischenlager für radioaktive Abfälle, wie sie im Zuge des Rückbaus am Standort von Kernkraftwerken errichtet werden. Daher wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen durch **Luftschadstoffe** sowie **Lärm und Erschütterungen** (Bau- und Transportlärm) pro Zeiteinheit zwar nicht proportional, aber um das 1,5 bis 2-fache höher sind.

Beim Bau eines Zwischenlagers können temporär **Grundwasserabsenkungen** und Einleitungen geförderten Grundwassers als **konventionelles Abwasser** nicht ausgeschlossen werden. Diese Wirkfaktoren werden im Kapitel 4.1.7 betrachtet, sodass hier keine weiteren Ausführungen erforderlich sind.

Von den zwischengelagerten Gebinden geht **Direktstrahlung** aus.

Es kommt zu keinen relevanten **Emissionen radioaktiver Stoffe** im Normalbetrieb, so dass eine weitere Betrachtung dieses potenziellen Wirkfaktors im Rahmen der SUP des NaPro nicht erforderlich ist.

Es besteht das Risiko von **Störfällen**.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von 100.000 m² führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der betroffenen Fläche. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten und ein Schutzgebiet betroffen sind.

Raumwirkung

Raumwirkung verändert das Erscheinungsbild einer betroffenen Landschaft und kann ihre Erholungsfunktion herabsetzen. Raumwirkung ist vom subjektiven Empfinden des Betrachters abhängig, sie gewinnt bei hoher Anzahl an betroffenen Anwohnern oder Erholungssuchenden zusätzliches Gewicht. Die Einsehbarkeit des Standorts ist insbesondere in touristisch geprägten Regionen relevant. Luftschadstoffe

Bei der Errichtung und beim Rückbau des Zwischenlagers werden Luftschadstoffe, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten emittiert. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird bei der Errichtung und beim Rückbau des Zwischenlagers auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten und sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken sowie Schäden an Gebäuden verursachen.

Direktstrahlung

Die Direktstrahlung aus einem möglichen Zwischenlager für die radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II beträgt wenige 100 m hinter dem Anlagenzaun bereits weniger als 10 $\mu\text{Sv/a}$ /Steag 2014/.

Störfälle

Störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen Durch Einwirkungen von innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand etc.) sowie von außen (Erdbeben etc.) sind möglich.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von ca. 100.000 m² ist als potenziell erhebliche Umweltauswirkung zu bewerten.

Minimierungen von Auswirkungen sind bei der Standortauswahl möglich. Als Standort wären Schutzgebiete oder Lebensräumen geschützter Arten zu vermeiden. Unter Berücksichtigung artspezifischer ökologischer Ansprüche besteht ggf. auch die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Raumwirkung

Die Raumwirkung des Gebäudes auf das Landschaftsbild ist eine potenziell relevante Umweltauswirkung. Eine Bewertung der Raumwirkung kann nur anhand bildlicher Darstellungen der geplanten Anlage in der Landschaft (Fotomontagen) unter Berücksichtigung aller relevanten Blickrichtungen erfolgen.

Minimierungen von Auswirkungen auf das Landschaftsbild durch Raumwirkung zielen darauf ab, Sichtbeziehungen aus der Umgebung zu vermeiden oder zu reduzieren. Dabei können das Relief der Landschaft einbezogen werden, Erdwälle angelegt werden, Verschattungen der Anlage durch Wald erfolgen oder die Farbgestaltung des Gebäudes dem Landschaftsbild angepasst werden.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Aus dem Abgleich mit Umweltverträglichkeitsstudien zu Zwischenlagern ergibt sich, dass ab einem Abstand von 1,5 bis 2 km durch die zusätzlichen Belastungen des Baustellenbetriebs keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten sind, wenn die Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.

Werden Ortschaften umfahren und führen die Routen nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von 1,5 bis 2 km zur Baustelle können potenziell relevante Umweltauswirkungen durch Luftschadstoffe bestehen.

Lärm und Erschütterungen

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.3 dargestellt. Ein Abgleich mit den Ergebnissen der Umweltverträglichkeitsprüfungen für Zwischenlager ergibt unter Berücksichtigung des erhöhten Maschinen- und Geräteeinsatzes sowie der erhöhten Transportaufkommen folgendes:

- Wird davon ausgegangen, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird, sollte ein Abstand von 1,5 km ausreichen, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen zu vermeiden. Zur Vorsorge können zusätzliche Lärminderungsmaßnahmen getroffen werden.
- Erschütterungen beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, sodass keine relevanten Auswirkungen auf Menschen und Tiere zu erwarten sind.
- Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten.
- Zur Bewertung der Auswirkungen auf Vögel entlang der Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße sehr unterschiedlich sind.

Innerhalb eines Abstandes von etwa 1,5 km zur Baustelle und 100 m zu den Transportrouten können potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen bestehen.

Direktstrahlung

Hinsichtlich Direktstrahlung bestehen potenziell relevante Umweltauswirkungen.

Störfälle

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.7 dargestellt. Im Genehmigungsverfahren ist eine Störfallanalyse durchzuführen, in der eine ausreichende Störfallvorsorge nachgewiesen wird. Potenziell relevante Umweltauswirkungen können im Rahmen der SUP nicht ausgeschlossen werden.

5.4.3. Stilllegung der Schachanlage Asse II

Nach Abschluss der Rückholung der radioaktiven Abfälle, erfolgt die eigentliche Stilllegung der Schachanlage Asse II nach Atomrecht. Die konkrete Stilllegungsplanung wird entscheidend davon abhängen, ob und welche radioaktive und chemotoxische Belastung nach der Rückholung im Bergwerk verbleibt /BfS 2014/.

Das bedeutet, dass eine konkrete Stilllegungsplanung erst zu einem späteren Zeitpunkt nach der Rückholungsphase von radioaktiven Abfällen möglich sein wird. Für die Rückholungsphase wird ein Zeitraum von mehreren Jahrzehnten angenommen.

Die folgenden Angaben zum Stilllegungskonzept und zu den Tätigkeiten für eine Stilllegung sind unter der o. g. Randbedingung zu betrachten:

Im Zuge der beschlossenen Stabilisierungsmaßnahmen wird die Verfüllung der Grube kontinuierlich weitergeführt. Hierzu gehören die sogenannte Firstspaltverfüllung sowie weitere Maßnahmen, bei denen nicht mehr benötigte Hohlräume (Blindschächte, Strecken, usw.) in der Schachanlage mit Spezialbeton verfüllt werden.

Die hier betrachtete Stilllegung der Schachanlage Asse II bezieht sich auf die Phase nach der Rückholung der radioaktiven Abfälle, in der die untertägigen Einrichtungen rückgebaut und die noch vorhandenen Grubenbaue verfüllt und verschlossen werden. In der Stilllegungsphase werden die zentralen Zugangsbereiche bzw. restlichen Hohlräume sowie die Schächte verfüllt und verschlossen.

Die Stilllegung der Schachanlage Asse II wird mit der Verwahrung des Bergwerkes und anschließenden übertägigen Rückbau und Rekultivierungsarbeiten abgeschlossen /ARCADIS 2012/.

Es wird angenommen, dass folgende Tätigkeiten am Standort im Rahmen der Stilllegung durchgeführt werden:

- Untertage erfolgt der Rückbau der betrieblichen Einrichtungen und die Verfüllung aller Hohlräume einschließlich der Schächte
- Über Tage erfolgt der Rückbau aller Gebäude, soweit diese nicht unter Denkmalschutz stehen, und Halden sowie die Rekultivierung.

Wirkfaktoren

Während der Stilllegung der Schachanlage Asse II wird Verfüllmaterial angeliefert, ggf. auf einer Halde gelagert sowie am Standort aufbereitet und in die noch verbliebenen untertägigen Hohlräume eingebracht. Darüber entstehen durch die Abbrucharbeiten und den Abtransport von Bauschutt und Baustellenabfällen **Luftschadstoff- und Staubemissionen** sowie **Lärm** und **Erschütterungen**. Die Luftschadstoffemissionen durch Fahrzeuge inklusive schienengebundenem Transport werden aufgrund der kurzen Stilllegungsphase, des weitaus geringeren Umfanges an Verfüll- und Verschlussmaßnahmen sowie Rückbauarbeiten im Vergleich zum Verschluss eines Endlagers nach Standortauswahlgesetz geringer eingeschätzt.

Ggf. anfallende **konventionelle Abwässer** inklusive Haldenabwasser sowie reduzieren sich im Vergleich zum Betrieb der Schachanlage Asse II durch den Abbau von Halden während der Stilllegung und werden hier nicht weiter betrachtet.

Die **Landschaftsbildveränderung** einschließlich **Flächenentsiegelung** der Stilllegung ist eine Renaturierung und Anpassung an das Gesamtlandschaftsbild. Es bestehen daraus keine relevanten Umweltauswirkungen.

Durch die mit der Stilllegungsphase verbundene vollständige Verfüllung aller Hohlräume werden **Setzungen der Tagesoberfläche** reduziert bzw. minimiert.

Emissionen radioaktiver Stoffe im Normalbetrieb oder bei Störfällen sind bei der Stilllegung der Schachanlage Asse II nicht zu besorgen.

Beim Rückbau von untertägigen Strahlenschutzbereichen sowie bei Dekontaminationsvorgängen entstehen feste und flüssige **radioaktive Betriebsabfälle** (z. B. Wischtücher, Reinigungsflüssigkeiten, Filtermatten, etc.).

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Die Umweltauswirkungen der beschriebenen Wirkfaktoren sind in den vorangestellten Kapiteln zur Rückholung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II qualitativ beschrieben. Die Stilllegung der Schachanlage Asse II führt quantitativ zu geringeren Auswirkungen als die Rückholung sowie die Zwischenlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II, da insbesondere große Bauvorhaben nicht erfolgen und das Gelände renaturiert werden kann.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Die beschriebenen Wirkfaktoren Luftschadstoffe und Lärm sowie radioaktive Betriebsabfälle sind potenziell relevante Umweltauswirkungen der Stilllegung der Asse, die im Genehmigungsverfahren zu bewerten sind.

5.4.4. Überführung der radioaktiven Abfälle in ein Endlager

Bei den weiteren Betrachtungen zum Umgang mit den rückgeholten radioaktiven Abfällen aus der Schachanlage Asse II wird davon ausgegangen, dass diese am Ort der Rückholung konditioniert werden. Je nach Lage des Zwischenlagers für die konditionierten Abfälle findet zunächst ein Transport in das Zwischenlager und anschließend von dort zum Endlager statt. Im Rahmen der generischen Betrachtungen der SUP erfolgt hier eine gemeinsame Betrachtung dieser Transportvorgänge. Dabei werden Strahlenexpositionen der Bevölkerung beim Transport und für den Fall von unterstellten Transportunfällen betrachtet.

Die im Kapitel 5.1.3 dargestellten Wirkfaktoren gelten grundsätzlich auch für den hier beschriebenen Transport von Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung werden jedoch um den Punkt „Freisetzung radioaktiver Stoffe“ ergänzt.

Gemäß der Studie „Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II“ /BfS 2014/ müssen ca. 21.000 Konrad-Gebinde (für die Schachanlage Konrad zugelassene Container) aus dem Zwischenlager der Schachanlage Asse II abtransportiert werden. Bei einer in der Studie angenommenen Transportkapazität von 2 Containern pro LKW und einer maximalen Anzahl von 1250 Transporten pro Jahr (25 pro Woche) ist mit einer Transportdauer von ca. 8-9 Jahren zu rechnen.

Wirkfaktoren

Die relevanten Wirkfaktoren sind in Kapitel 5.1.3 beschrieben.

Für die konventionellen Wirkfaktoren **Luftschadstoffe** sowie **Lärm und Erschütterung** sowie für den radiologischen Wirkfaktor **Direktstrahlung** gelten grundsätzlich die Ausführungen zu den Umweltauswirkungen und deren Bewertung entsprechend Kapitel 5.1.3, da es sich auch bei der Überführung der Asse-Abfälle in ein Endlager bei 25 Transporten pro Woche nur um eine geringe Anzahl von Beförderungsvorgängen handelt.

Abweichende Betrachtungen ergeben sich zum Wirkfaktor **Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Unfällen** da nicht auszuschließen ist, dass in Folge eines Transportunfalls radioaktive Stoffe aus dem Transportbehälter in die Umwelt freigesetzt werden.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Unfällen

Radioaktive Emissionen können sich auf die Schutzgüter Mensch, Tier, Pflanzen, Boden, Wasser, Klima und Luft sowie Kultur- und Sachgüter auswirken.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Unfällen

Für den Wirkfaktor Unfälle betrifft der Untersuchungsraum einen maximalen Umkreis abhängig von den meteorologischen Bedingungen zum Zeitpunkt der Freisetzung ab der eine Überschreitung der zulässigen Strahlenexposition von Personen der Bevölkerung ausgeschlossen werden kann. Für die Ermittlung der maximalen Entfernung werden Standardparameter der Ausbreitung von Luftschadstoffen verwendet. Auf Grundlage der dort theoretisch gemessenen Aktivitätskonzentration wird die Strahlenexposition ermittelt.

Für Personen der Bevölkerung, die sich im Umfeld des Transportes aufhalten, kann eine zusätzliche Strahlenexposition durch Zutrittsverhinderung zum Unfallort vermieden werden.

Bei der Verwendung von nicht unfallfesten Transportbehältern für schwach- und mittelradioaktive Abfälle werden die Auswirkungen durch im Störfall freigesetzte radioaktive Stoffe durch die Menge des transportierten radioaktiven Inventars gemäß den Transportvorschriften begrenzt. Im Rahmen der SUP ist daher nicht von potenziell relevanten Umweltauswirkungen auszugehen.

5.4.5. Endlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle im Endlager nach Standortauswahlgesetz

Die bei einer Einlagerung der aus der Schachanlage Asse II rückgeholten radioaktiven Abfälle zusätzlich zu den Wärme entwickelnden Abfällen einzulagernde Radioaktivität ist im Verhältnis dazu vernachlässigbar, allerdings ist das endzulagernde Abfallgebindevolumen größer.

Inwieweit sich das notwendige Volumen an Endlagerhohlräumen durch den radioaktiven Abfall aus der Schachanlage Asse II vergrößert, ist ohne Detailplanung schwer quantifizierbar. Durch die unterschiedliche stoffliche Zusammensetzung kann eine räumliche Trennung notwendig sein.

Wirkfaktoren

Von Gebinden mit aus der Schachtanlage Asse II rückgeholten radioaktiven Abfällen geht eine im Verhältnis zum übrigen endzulagernden radioaktiven Abfall geringe **Direktstrahlung** aus. Zusätzliche Vorkehrungen gegen Direktstrahlung in der Umgebung des Endlagers sind daher nicht erforderlich.

Emissionen radioaktiver Stoffe aus den Gebinden sind möglich, insbesondere bei **Störfällen**.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad

Je nach Nuklidspektrum, Konditionierung und Verpackung der Abfälle können radioaktive Stoffe aus den Gebinden freigesetzt werden. Solche Freisetzungen sind im Genehmigungsverfahren abzuschätzen. Erforderlichenfalls sind Schutzmaßnahmen vorzusehen (zusätzliche Anforderungen an die Gebinde oder an die Lüftungstechnischen Einrichtungen am Endlager).

Störfälle

Mögliche radiologische Wirkungen von Störfällen mit aus der Schachtanlage Asse II rückgeholten radioaktiven Abfällen hängen von der Auslegung der für die Endlagerung verwendeten Behälter sowie von der Freisetzbarkeit aus der Abfallmatrix ab. Für beide Aspekte sind noch keine Festlegungen getroffen. In entsprechenden Genehmigungsverfahren sind Störfallanalysen auf der Basis der dann konkretisierten Randbedingungen vorzunehmen und die Ergebnisse im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit zu bewerten. Im Rahmen der SUP des NaPro kann aufgrund des Vergleichs mit anderen Abfällen festgestellt werden, dass ein sicherer Umgang grundsätzlich technisch realisierbar ist.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.7 dargestellt. Radioaktive Emissionen über den Luftpfad sind als potenziell relevante Umweltauswirkungen in einer Genehmigung zu berücksichtigen

Störfälle

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.7 dargestellt. Störfallrisiken sind als potenziell relevante Umweltauswirkungen in der Genehmigung zu berücksichtigen.

5.4.6. Option: Endlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle im Endlager Konrad

Das planfestgestellte Volumen des Endlagers Schacht Konrad zur Einlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle beträgt 303.000 m³. Die Einlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II in das Endlager Konrad ist hierbei nicht berücksichtigt. Ein erneutes Planfeststellungsverfahren zur Erweiterung der Einlagerungskapazität wäre notwendig.

Wirkfaktoren

Von Gebinden mit aus der Schachtanlage Asse II rückgeholten radioaktiven Abfällen geht **Direktstrahlung** aus.

Im Normalbetrieb sind Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus den Gebinden möglich, die einen Beitrag zu den **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad** des Endlagers Konrad haben.

Es bestehen Risiken von **Störfällen**.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Von Gebinden mit aus der Schachanlage Asse II rückgeholten radioaktiven Abfällen wird voraussichtlich eine ähnliche Dosisleistung ausgehen wie von anderen im Endlager einzulagernden Gebinden. Die im Plan für das Endlager Schacht Konrad /BfS 1990b/ getroffenen Vorkehrungen gegen Direktstrahlung in der Umgebung des Endlagers sind als abdeckend anzusehen, da von einer längeren Betriebszeit des Endlagers, nicht aber von einer umfangreicheren Lagerung von Gebinden am Endlager auszugehen ist. Eine Bewertung im Hinblick auf Umweltauswirkungen ist nicht erforderlich.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

In /BfS 1990b/ wurden Werte für die Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwetter beantragt, die auf der Basis von abfallproduktabhängigen und nuklid(gruppen)abhängigen Freisetzungsraten aus Abfallgebinden festgelegt wurden. Vor dem Hintergrund der Einlagerung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II bedürfen die genehmigten Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad einer Überprüfung.

Störfälle

Mögliche radiologische Wirkungen von Störfällen mit aus der Schachanlage Asse II rückgeholten radioaktiven Abfällen hängen von der Auslegung der für die Endlagerung verwendeten Behälter sowie von der Freisetzbarkeit aus der Abfallmatrix ab. Für beide Aspekte sind noch keine Festlegungen getroffen. In entsprechenden Genehmigungsverfahren sind Störfallanalysen auf der Basis der dann konkretisierten Randbedingungen vorzunehmen und die Ergebnisse im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit zu bewerten. Im Rahmen der SUP des NaPro kann aufgrund des Vergleichs mit anderen Abfällen festgestellt werden, dass ein sicherer Umgang grundsätzlich technisch realisierbar ist.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.7 dargestellt. Radioaktive Emissionen über den Luftpfad sind als potenziell relevante Umweltauswirkungen in einer Genehmigung zu berücksichtigen.

Störfälle

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.7 dargestellt. Störfallrisiken sind als potenziell relevante Umweltauswirkungen in der Genehmigung zu berücksichtigen.

5.5. Entsorgung des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung

Im nachfolgenden Kapitel wird die Entsorgung des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung betrachtet für den Fall, dass eine weitere Verwertung dieser Reststoffe nicht erfolgt. Bei der Anreicherung von Uran fällt abgereichertes Uran (Tails) an. Die Tails werden bisher als Wertstoff angesehen, da prinzipiell zur Gewinnung von Feed- bzw. Produkt-Material eine erneute Anreicherung oder eine Verwendung in Brutreaktoren möglich wäre. Erfüllen sich solche Erwartungen nicht, so ist das Material zur geordneten Beseitigung einem Endlager zuzuführen /Urenco 2002/.

An der Anreicherungsanlage der Urenco Deutschland GmbH in Gronau gibt es Freilager für Natururan in Form von Feed und für abgereichertes Uran in Form von UF_6 in Transport- und Lagerbehältern und ein Lagergebäude für die Zwischenlagerung des abgereicherten Urans in Form von Uranoxid (U_3O_8). Die entsprechenden Entsorgungsschritte müssen daher hier nicht weiter betrachtet werden.

Eine Verwertung des abgereicherten Urans aus der Urananreicherung wird nicht betrachtet, da es sich dabei nicht um eine Entsorgung von radioaktiven Abfällen handelt.

Sofern das abgereicherte Uran nicht verwertet wird, erfolgt eine Endlagerung als radioaktiver Abfall in den nachfolgend dargestellten Phasen:

- Endlagergerechte Konditionierung der Abfälle
- Überführung der Abfälle in das Endlager
- Endlagerung nach Standortauswahlgesetz
- Option der Endlagerung im Endlager Konrad

5.5.1. Endlagergerechte Konditionierung der Abfälle

Die Abfälle aus der Urananreicherung müssen vor ihrer Endlagerung so konditioniert werden, dass sie die Annahmebedingungen des entsprechenden Endlagers erfüllen. Die diesbezüglichen Anforderungen sind für diese Abfallart bisher nicht festgelegt. Im Rahmen der SUP des NaPro wird konservativ davon ausgegangen, dass eine Konditionierung mit Behandlung des U_3O_8 erfolgt, und hierzu eine Konditionierungsanlage errichtet, betrieben und stillgelegt werden wird.

Wirkfaktoren

Bei der Errichtung der Konditionierungsanlage erfolgt eine **Flächeninanspruchnahme**. Es wird analog zur Flächeninanspruchnahme für die Errichtung der Anlage zur Konditionierung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II (vgl. Kapitel 5.4.1.2) von einer Fläche von ca. 2.500 m² ausgegangen.

Durch das Gebäude entsteht **Raumwirkung** in der umgebenden Landschaft.

Beim Bau und späterem Rückbau kommt es zur Emission von **Luftschadstoffen** sowie **Lärm und Erschütterungen**. Während des Baus können Maßnahmen der **Grundwasserabsenkung** und **Abwassereinleitung** erforderlich sein.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage beinhaltet weder relevante Luftschadstoff- und Staubemissionen noch relevante Lärmemissionen.

Beim Bau einer Konditionierungsanlage können temporär **Grundwasserabsenkungen** und **Abwassereinleitungen** geförderten Grundwassers nicht ausgeschlossen werden. Diese Wirkfaktoren werden im Kapitel 4.1.7 betrachtet, sodass hier keine weiteren Ausführungen erforderlich sind.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage führt zur Emission von **Direktstrahlung** (Gamma- und Neutronenstrahlung), die jedoch außerhalb des Gebäudes nicht relevant ist und daher nicht weiter betrachtet wird. Bei der Konditionierung können derzeit **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad** nicht ausgeschlossen werden. Bei Dekontaminationsarbeiten können kontaminierte

Abwässer anfallen, die gesammelt und ggf. in einen Vorfluter abgeleitet werden, so dass **Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad** entstehen. Die Ableitung radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad beinhaltet als stoffgebundene Ableitung und auf Grund zusätzlicher konventioneller Stoffe (z. B. Rückstände von Reinigungssubstanzen) eine Ableitung als **konventionelles Abwasser**. Die Bewertung des Wirkfaktors konventionelles Abwasser erfolgt im Kapitel 4.1.7 und wird nachfolgend nicht weiter projektspezifisch betrachtet.

Der Betrieb der Konditionierungsanlage beinhaltet Risiken einer **Direktstrahlung oder Freisetzung radioaktiver Stoffe auf Grund von Störfällen**.

Anfallende **radioaktive Betriebsabfälle** sowie ggf. während eines Rückbaus der Anlage anfallende radioaktive Abfälle werden ebenfalls der Endlagerung zugeführt und sind von untergeordneter Bedeutung.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Flächeninanspruchnahme in der Größenordnung von 2.500 m² führt zum Verlust der Bodenfunktion sowie des Lebensraumes für Tiere und Pflanzen auf der betroffenen Fläche. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass von der Versiegelung ein Gewässer, geschützte Arten und ein Schutzgebiet betroffen sind.

Raumwirkung

Raumwirkung verändert das Erscheinungsbild einer betroffenen Landschaft und kann ihre Erholungsfunktion herabsetzen. Raumwirkung ist vom subjektiven Empfinden des Betrachters abhängig, sie gewinnt bei hoher Anzahl an betroffenen Anwohnern oder Erholungssuchenden zusätzliches Gewicht. Die Einsehbarkeit des Standorts ist insbesondere in touristisch geprägten Regionen relevant.

Luftschadstoffe

Bei der Errichtung und beim Rückbau des Zwischenlagers werden Luftschadstoffe, wie Feinstaub, Stickoxide und Schwefeloxide auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten emittiert. Diese Emissionen können auf Menschen gesundheitsschädlich wirken sowie Tiere und Pflanzen schädigen oder beeinträchtigen.

Lärm und Erschütterungen

Lärm wird bei der Errichtung und beim Rückbau des Zwischenlagers auf der Baustelle sowie entlang der Transportrouten verursacht. Lärm kann beim Menschen das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöhen und Tiere aus ihrem Lebensraum vertreiben. Erschütterungen können bei der Baugrundverbesserung beispielsweise bei der Herstellung von Rüttelstopfsäulen auftreten und sich auf Menschen und Tiere negativ auswirken sowie Schäden an Gebäuden verursachen.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad (Ableitung)

Im Verhältnis zu anderen bereits betriebenen Konditionierungsanlagen ist mit deutlich geringeren Ableitungen radioaktiver Stoffe zu rechnen, da U₃O₈ relativ schwer flüchtig und über eine Abluftanlage filterbar ist.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad (Ableitung)

Höher aktive Flüssigkeiten werden dem radioaktiven Abfall zugeführt, die übrigen Abwässer werden im Rahmen der entsprechenden Genehmigung abgeleitet.

Störfälle

Durch Einwirkungen von Innen (Behälterabsturz, Lastenabsturz, Brand etc.) sowie von außen (Erdbeben etc.) sind störfallbedingte Freisetzungen von radioaktiven Stoffen möglich.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Flächeninanspruchnahme

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.1 dargestellt. Die Flächeninanspruchnahme von ca. 2.500 m² ist als potenziell erhebliche Umweltauswirkung zu bewerten.

Minimierungen von Auswirkungen sind bei der Standortauswahl möglich. Als Standort wären Schutzgebiete oder Lebensräumen geschützter Arten zu vermeiden. Unter Berücksichtigung artspezifischer ökologischer Ansprüche besteht ggf. auch die Möglichkeit der Umsiedlung von geschützten Tier- und Pflanzenarten.

Raumwirkung

Die Raumwirkung des Gebäudes auf das Landschaftsbild ist eine potenziell relevante Umweltauswirkung. Eine Bewertung der Raumwirkung kann nur anhand bildlicher Darstellungen der geplanten Anlage in der Landschaft (Fotomontagen) unter Berücksichtigung aller relevanten Blickrichtungen erfolgen.

Minimierungen von Auswirkungen auf das Landschaftsbild durch Raumwirkung zielen darauf ab, Sichtbeziehungen aus der Umgebung zu vermeiden oder zu reduzieren. Dabei können das Relief der Landschaft einbezogen werden, Erdwälle angelegt werden, Verschattungen der Anlage durch Wald erfolgen oder die Farbgestaltung des Gebäudes dem Landschaftsbild angepasst werden.

Luftschadstoffe

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Die Errichtung der Konditionierungsanlage ist hinsichtlich der möglichen Auswirkungen vergleichbar mit dem Bau von Reststoffbehandlungszentren an anderen Standorten. Die eingesetzten Maschinen und Geräte sind voraussichtlich vergleichbar. Ein Abgleich mit den Ergebnissen von Umwelterheblichkeitsstudien für die Reststoffbehandlungszentren ergibt folgendes:

- Ab einem Abstand von 1 km sind durch die Zusatzbelastungen des Baustellenbetriebs keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Schutzgebiete zu erwarten, wenn die Minimierungsmöglichkeiten, z. B. Einsatz von Maschinen und Geräten mit Elektromotor und Befeuchtung staubender Güter beim Be- und Entladen, genutzt werden und keine empfindlichen Einrichtungen, z. B. Krankenhäuser, vorhanden sind.
- Werden Ortschaften umfahren und führt die Route nicht durch besonders enge Täler sind durch die Zusatzbelastung selbst in Spitzenzeiten ebenfalls keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen zu erwarten.

Innerhalb eines Abstandes von etwa 1 km zur Baustelle einer Konditionierungsanlage können potenziell relevante Umweltauswirkungen bestehen, für die ggf. Minimierungsmaßnahmen vorzusehen sind.

Lärm und Erschütterungen

Hinsichtlich Lärm und Erschütterungen besteht ebenfalls eine direkte Vergleichbarkeit mit Umwelterheblichkeitsstudien zum Bau von Reststoffbehandlungszentren. Ein Abgleich ergibt folgendes:

- Wird davon ausgegangen, dass – von Ausnahmen abgesehen – die Baustelle nur am Tage betrieben wird, sollte ein Abstand von 1 km ausreichen, um in den Spitzenzeiten potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen zu vermeiden. Zur Vorsorge können zusätzliche Lärminderungsmaßnahmen getroffen werden (siehe Kapitel 4.1.2).
- Erschütterungen beispielsweise bei der Erstellung von Rüttelstopfsäulen reichen nicht über das Anlagengelände hinaus, sodass keine potenziell relevanten Auswirkungen auf Menschen und Tiere zu erwarten sind.
- Werden Ortschaften umfahren und werden die Transporte in mehr als 100 m Abstand zu bewohnten Gebieten oder empfindlichen Nutzungen (z. B. Kurgebiete, Krankenhäuser, Pflegeanstalten) geführt, sind potenziell relevante Auswirkungen auf Menschen nicht zu erwarten.
- Zur Bewertung der Auswirkungen auf Vögel entlang der Transportrouten müssen die vorkommenden Vogelarten bekannt sein, da ihre Lärmempfindlichkeit und damit die erforderlichen Abstände zur Straße sehr unterschiedlich sind.

Innerhalb eines Abstandes von etwa 1 bzw. 1,5 km zur Baustelle können potenziell relevante Umweltauswirkungen auf Menschen bestehen. Innerhalb von 100 m zu den Transportrouten können potenzielle Umweltauswirkungen auf Menschen in Wohngebieten oder anderen empfindlichen Nutzungen bestehen (z. B. Krankenhäuser).

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luftpfad

Sofern Ableitungen radioaktiver Stoffe bei einer Konditionierung auftreten, lägen diese deutlich unterhalb zulässigen Dosisgrenzwerte. Die Ableitungen sind als potenziell relevante Umweltauswirkungen im Genehmigungsverfahren zu betrachten.

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Wasserpfad

Bei den Ableitungen mit dem Abwasser z. B. aus der Behälterspülung kann der Ableitungswert so gewählt werden, dass die Dosisgrenzwerte eingehalten sind. Es bestehen potenziell relevante Umweltauswirkungen, die im Rahmen der Genehmigung zu klären sind.

Störfälle

Der Bewertungsrahmen ist in Kapitel 4.1.7 dargestellt. Im Genehmigungsverfahren ist eine Störfallanalyse durchzuführen.

5.5.2. Überführung der Abfälle in das Endlager

Die Überführung der radioaktiven Abfälle aus der Urananreicherung erfolgt im Wesentlichen auf Grundlage des im Kapitel 5.4.4 beschriebenen Transports von schwach- bis mittelradioaktiven Abfällen. Sowohl die Wirkfaktoren als auch die Beschreibung und Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen ist analog zu Kapitel 5.4.4.

5.5.3. Endlagerung der Abfälle im Endlager nach Standortauswahlgesetz

An einem Endlager nach Standortauswahlgesetz wird hauptsächlich mit wärmeentwickelnden Abfällen umgegangen. Zusätzlich wären bei einer Endlagerung der Abfälle aus der Urananreicherung noch Gebinde mit U_3O_8 oder einer anderen für die Endlagerung günstigen chemischen

Form einzulagern. Die Aktivität im Abfall aus der Urananreicherung ist gegenüber der Aktivität der bestrahlten Brennelemente und sonstigen hochradioaktiven Abfalls vernachlässigbar.

Inwieweit sich das notwendige Volumen an Endlagerhohlräumen durch den Abfall aus der Urananreicherung vergrößert ist ohne Detailplanung schwer quantifizierbar. Der nicht Wärme entwickelnde Abfall aus der Urananreicherung könnte u. U. in Bereichen eingelagert werden, die ansonsten nicht nutzbar wären, um die Wärmebelastung im Endlager zu begrenzen. Eine räumliche Trennung von den Wärme entwickelnden Abfällen ist aller Voraussicht nach nötig.

Wirkfaktoren

Von Gebinden mit Abfällen aus der Urananreicherung geht eine im Verhältnis zum übrigen endzulagernden Abfall vernachlässigbare **Direktstrahlung** aus. Zusätzliche Vorkehrungen gegen Direktstrahlung in der Umgebung des Endlagers sind daher nicht erforderlich.

Im Normalbetrieb ist von keinen relevanten **Emissionen radioaktiver Stoffe** aus den Gebinden mit Abfall aus der Urananreicherung auszugehen. Bei **Störfällen** können dagegen Freisetzungen aus den Gebinden möglich sein.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Störfälle

Mögliche radiologische Wirkungen von Störfällen mit Abfällen aus der Urananreicherung hängen von der Auslegung der für die Endlagerung verwendeten Behälter sowie von der Freisetzbarkeit des Urans aus der Abfallmatrix ab. Für beide Aspekte sind noch keine Festlegungen getroffen. Potenzielle Umweltauswirkungen sind daher zu betrachten.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Störfälle

Uran weist eine sehr geringe spezifische Aktivität auf, so dass für eine relevante potenzielle Wirkung eine relativ große Masse luftgetragen freigesetzt werden müsste. In entsprechenden Genehmigungsverfahren sind Störfallanalysen auf der Basis der dann konkretisierten Randbedingungen vorzunehmen und die Ergebnisse im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit zu bewerten. Im Rahmen der SUP des NaPro kann aufgrund des Vergleichs mit anderen Abfällen festgestellt werden, dass ein sicherer Umgang grundsätzlich technisch realisierbar ist, Störfallrisiken jedoch als potenziell relevante Umweltauswirkungen einer Betrachtung in der Genehmigung bedürfen.

5.5.4. Option: Endlagerung der Abfälle im Endlager Konrad

Das planfestgestellte Volumen des Endlagers Schacht Konrad zur Einlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle beträgt 303.000 m³. Die Einlagerung des abgereicherten Urans in das Endlager Konrad ist hierbei nicht berücksichtigt. Ein erneutes Planfeststellungsverfahren zur Erweiterung der Einlagerungskapazität wäre notwendig.

Wirkfaktoren

Von Gebinden mit radioaktiven Abfällen aus der Urananreicherung geht **Direktstrahlung** aus. Im Normalbetrieb ist von keinen relevanten **Emissionen radioaktiver Stoffe** aus den Gebinden mit

Abfall aus der Urananreicherung auszugehen. Bei **Störfällen** können dagegen Freisetzungen aus den Gebinden möglich sein.

Die radiologischen Wirkfaktoren beziehen sich auf potenzielle Wirkungen pro Betriebsjahr oder bei einem Störfall. Eine Verlängerung der Einlagerungsdauer im Endlager Schacht Konrad kann daher keine neuen potenziellen Umweltauswirkungen haben.

Beschreibung der potenziellen Umweltauswirkungen

Direktstrahlung

Von Gebinden mit Abfällen aus der Urananreicherung (abgereichertes U_3O_8) geht eine im Verhältnis zu anderen Abfallströmen, die für das Endlager Konrad vorgesehen sind, geringe Dosisleistung aus. Die im Plan für das Endlager Schacht Konrad /BfS 1990b/ getroffenen Vorkehrungen gegen Direktstrahlung in der Umgebung des Endlagers sind daher deutlich abdeckend im Hinblick auf Gebinde mit U_3O_8 .

Emissionen radioaktiver Stoffe über den Luft- und Wasserpfad (Ableitungen)

Bei einer zusätzlichen Einlagerung der Abfälle aus der Urananreicherung in das Endlager Schacht Konrad ist nicht von relevanten zusätzlichen potenziellen Umweltauswirkungen durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit dem Abwetter auszugehen. Das gleiche gilt im Hinblick auf Ableitungen von kontaminierten Abwässern.

Störfälle

Mögliche radiologische Wirkungen von Störfällen mit Abfällen aus der Urananreicherung hängen von der Auslegung der für die Endlagerung verwendeten Behälter sowie von der Freisetzbarkeit des Urans aus der Abfallmatrix ab. Für beide Aspekte sind noch keine Festlegungen getroffen. Potenzielle Umweltauswirkungen sind daher zu betrachten.

Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen

Störfälle

Uran weist eine sehr geringe spezifische Aktivität auf, so dass für eine relevante potenzielle Wirkung eine relativ große Masse luftgetragen freigesetzt werden müsste. In entsprechenden Genehmigungsverfahren sind Störfallanalysen auf der Basis der dann konkretisierten Randbedingungen vorzunehmen und die Ergebnisse im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit zu bewerten. Im Rahmen der SUP des NaPro kann aufgrund des Vergleichs mit anderen Abfällen, die für die Endlagerung im Endlager Konrad vorgesehen sind, festgestellt werden, dass ein sicherer Umgang grundsätzlich technisch realisierbar ist, Störfallrisiken jedoch als potenziell relevante Umweltauswirkungen einer Betrachtung in der Genehmigung bedürfen.

6. Hypothetische Nullvarianten

Die Betrachtung der Nullvarianten ist nach § 14g Abs. 2 Nr. 3 UVPG im Rahmen der SUP erforderlich. Für die SUP des NaPro werden potenzielle Umweltauswirkungen hypothetischer „Nullvarianten“ beschrieben und mit denen der geplanten Maßnahmen des NaPro verglichen. Die „Nullvarianten“ stellen keine vernünftigen Planungsalternativen für den NaPro dar. Die Nullvarianten können jedoch einen Vergleichsmaßstab für die geplanten Maßnahmen und Planungsalternativen in die SUP einbringen und somit als Bezugspunkt für eine Veranschaulichung der Umweltauswirkungen der geplanten Maßnahmen und Planungsalternativen dienen. Daher werden Nullvarianten beschrieben, die im Gegensatz zu der eigentlichen Zielsetzung des NaPro, der Endlagerung aller radioaktiven Stoffe in tiefen geologischen

Formationen, stehen. Die hypothetischen Nullvarianten unterstellen die Fortführung des derzeitigen Umgangs mit bereits vorhandenen und zukünftig anfallenden radioaktiven Abfällen unter der Annahme, dass das grundsätzliche Ziel des NaPro – die Entsorgung aller Arten von radioaktiven Abfällen in tiefen geologischen Formationen – nicht weiter verfolgt werden würde. Die Nullvarianten beinhalten daher eine oberirdische Aufbewahrung der radioaktiven Abfälle als Langzeitlagerung. Es werden folgende Nullvarianten definiert und mit geplanten Maßnahmen des NaPro im Hinblick auf Umweltauswirkungen verglichen:

Hypothetische Nullvariante	Geplante Maßnahme des NaPro
Langzeitlagerung aller Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle	Endlagerung aller Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle einschließlich der Brennelemente aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren
Langzeitlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II	Entsorgung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II in einem Endlager
Langzeitlagerung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung	Entsorgung der radioaktiven Reststoffe aus der Urananreicherung in einem Endlager

Die Betrachtung der Nullvarianten einer Langzeitlagerung mit den geplanten Maßnahmen des NaPro zur Endlagerung in tiefen geologischen Formationen erfolgt über den jeweils gleichen Zeitraum von 1 Mio. Jahren. Hypothetische Szenarien einer anderweitigen Entsorgung von radioaktiven Abfällen nach einer begrenzten Zwischenlagerung von beispielsweise 1000 Jahren werden nicht betrachtet, da andere Techniken der Entsorgung radioaktiver Abfälle nicht zur Verfügung stehen und das eigentliche Ziel des Vergleichs eine Veranschaulichung der Umweltwirkungen der geplanten Maßnahmen des NaPro ist. Der Vergleich erfolgt qualitativ nach folgenden Kriterien:

- Potenzielle Emissionen von Luftschadstoffen und Lärm
- Potenzielle Flächeninanspruchnahme
- Potenzielle radioaktive Emissionen des Betriebs und in der Nachverschlussphase
- Potenzielle Freisetzungen radioaktiver Stoffe durch Ereignisse (z. B. Störfälle)

6.1. Nullvariante „Langzeitlagerung aller Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle“

Unter der hypothetischen Nullvariante „Langzeitlagerung aller Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle“ wird eine trockene Lagerung in dicht verschlossenen metallischen Behältern verstanden. Da es keine verbindlichen Regelungen für eine Langzeitlagerung von Wärme entwickelnden Abfällen gibt, wird zur Darstellung der Nullvariante auf die Empfehlung der Entsorgungskommission „Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung Bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder Abfälle in Behältern“ /ESK 2013a/ zurückgegriffen, die sich jedoch auf die zeitliche befristete Zwischenlagerung in der Größenordnung der bisher genehmigten Zeiträume bezieht.

Für eine Langzeitlagerung Wärme entwickelnder Abfälle würden analog /ESK 2013a/ langfristig die folgenden Schutzziele gelten:

- sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- sichere Einhaltung der Unterkritikalität und
- Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung

Daraus abgeleitet ergäben sich folgende Anforderungen die permanent zu erfüllen wären:

- Aufbewahrung der Abfälle in dichten Behältern und entsprechenden Gebäuden zur Kontrolle und Begrenzung der Strahlenexposition
- Vorsorge gegen Störfällen und Vermeidung einer Entwendung und eines gezielten Angriffs von Dritten
- Regelmäßige Erneuerung der Behälter und Konditionierung der Abfälle (ca. alle 100 bis 300 Jahre /NERAS 2010/)
- Sicherstellung der personellen, administrativen, technischen und finanziellen Voraussetzungen zur Realisierung einer aktiven Aufbewahrung der Abfälle

Randbedingungen für einen vereinfachten Vergleich:

Eine Langzeitzwischenlagerung, die über einen Zeitraum der Nachverschlussphase eines Endlagers erfolgen würde, würde über 1 Mio. Jahre an ca. 16 Standorten (13 standortnahe Zwischenlager an allen ehemaligen KKW-Standorten und drei Transportbehälterlager) erfolgen.

Für die Erneuerung der Behälter und Konditionierung in Zeitabständen von 250 Jahren wird davon ausgegangen, dass die Wärme entwickelnden Abfälle von den jeweiligen Zwischenlagern in Deutschland zu einer zentralen Konditionierungsanlage transportiert würden, die aufgrund jeweils geänderter technischer Anforderungen neu errichtet werden würde (Eine Konditionierung an einem einzelnen Ort erscheint effektiver da ansonsten zwischen den einzelnen Konditionierungsintervallen jeweils neue Anlagen an allen Zwischenlagerstandorten zu errichten wären.). Ein Zeitraum von deutlich mehr als 40 Jahren, über den Behälter für Wärme entwickelnde Abfälle ihre Transportfähigkeit behalten, kann aufgrund fehlender Genehmigungserfahrungen derzeit nicht festgelegt werden. Es wird zur Vereinfachung der Rechnung davon ausgegangen, dass die Behälter zwischen den Konditionierungsintervallen ihre Transportfähigkeit behalten

	Nullvariante Langzeitlagerung Wärme entwickelnder Abfälle	Geplante Maßnahme Standortauswahl und Endlagerung Wärme entwickelnder Abfälle
Flächeninanspruchnahme	Zwischenlager: 80.000 m² ca. 1 Mio. Jahre Konditionierungsanlage: 10.000 m² ca. 1 Mio. Jahre	Standortauswahl: 430.000 bis 730.000 m² ca. einige Jahre Endlagerung: ca. 300.000 m² ca. einige Jahrzehnte
Luftschadstoffe und Lärm	Emissionen aus zahlreichen Bauvorhaben (68.000 Bauvorhaben: 16 Zwischenlager und 1 Konditionierungsanlage würden jeweils nach 250 Jahren neu errichtet)	Emissionen aus den Bauvorhaben zur Standorterkundung und Endlagerung
radiologische Emissionen	Direktstrahlung durch zahlreiche Transporte (ca. 4.000) zur Konditionierungsanlage Emissionen durch zahlreiche Konditionierungsintervalle (ca. 4.000) (Grenzwert: 1 mSv/a)	Direktstrahlung durch einmaligen Transport aller Abfälle zum Endlager Emission durch einen Konditionierungsvorgang (Grenzwert: 1 mSv/a)
potenzielle Freisetzungen	Störfallplanungswert: 50 mSv Folgedosis Risiken der Entwendung und eines gezielten Angriffs über 1 Mio. Jahre	maximales Nachweisziel 0,1 mSv/Jahr bei weniger wahrscheinlichen Ereignissen Risiken der Entwendung und eines gezielten Angriffs über einige Jahrzehnte

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Nullvariante „Langzeitlagerung“ kurzfristig zu weniger Flächeninanspruchnahme und weniger Emissionen durch Luftschadstoffe und Lärm führen würde als die Standortauswahl und Endlagerung. Langfristig jedoch würde die Nullvariante bei den ausgewählten konventionellen Wirkfaktoren zu einer überwiegenden Verschlechterung des Zustandes der Umwelt führen.

Im Hinblick auf radioaktive Emissionen auf Basis bestehender Grenzwerte bzw. Nachweisziele würde die Nullvariante „Langzeitlagerung“ zu einer überwiegenden Verschlechterung des Zustandes der Umwelt führen.

Geologische Entwicklungen sind Prozesse über extrem lange Zeiträume, die sich sowohl auf Zwischenlager als auch auf ein Endlager auswirken würden. Zwischenlager könnten darauf im Gegensatz zu einem Endlager reagieren, sofern die personellen, administrativen, technischen und finanziellen Voraussetzungen dafür gegeben sind. Klimatische Veränderungen z. B. Eiszeiten, die sowohl natürlich als auch anthropogen verursacht werden können, würden sich allein auf Langzeitlager in der Biosphäre auswirken.

Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass Deutschland langfristig von gesellschaftlichen Krisen oder kriegerischen Ereignissen betroffen sein wird, kann nicht vorausgesetzt werden, dass die personellen, administrativen, technischen und finanziellen Voraussetzungen zur Realisierung einer aktiven Aufbewahrung der Wärme entwickelnden Abfälle (Langzeitlagerung) langfristig gegeben sind. Daher muss bei einer Langzeitlagerung der Wärme entwickelnden Abfälle selbst mit einer vollständigen Freisetzung des Inventars in die Biosphäre gerechnet werden.

6.2. Nullvarianten „Langzeitlagerung aller radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und aller Reststoffe aus der Urananreicherung“

Unter den hypothetischen Nullvarianten „Langzeitlagerung aller radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und Langzeitlagerung aller Reststoffe aus der Urananreicherung“ wird eine Lagerung in Stahlbehältern verstanden. Da es keine Regelungen für die Langzeitlagerung gibt, erfolgt die Beschreibung der Nullvariante analog zur ESK-Leitlinie für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung /ESK 2013b/, die ausdrücklich die zeitlich befristete Zwischenlagerung regelt. Es würden analog zu /ESK 2013b/ langfristig folgende Schutzziele gelten:

- sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe und
- Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung.

Daraus abgeleitet ergäben sich folgende vereinfachte Anforderungen, die zu erfüllen wären:

- Aufbewahrung der Abfälle in dichten Behältern und entsprechenden Gebäuden zur Kontrolle und Begrenzung der Strahlenexposition
- Vorsorge vor Störfällen und Vermeidung einer Entwendung und eines gezielten Angriffs durch Dritte
- regelmäßige Erneuerung der Behälter zur Vermeidung von Korrosionen
- Sicherstellung der personellen, administrativen, technischen und finanziellen Voraussetzungen zur Realisierung einer aktiven Aufbewahrung der Abfälle

Randbedingungen für einen vereinfachten Vergleich:

Der Vergleich der Nullvarianten „Langzeitlagerung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und der Abfälle aus der Urananreicherung“ mit der Endlagerung erfolgt unter Annahme einer Endlagerung im Endlager nach Standortauswahlgesetz. Hinsichtlich Behältererneuerung wird von einer Langzeitlagerung bei geringer Luftfeuchte, trocken konditionierten Gebinden und hochwertigen Behälterinnenbeschichtungen ausgegangen, so dass eine Behälterstandzeit von 100 Jahren angenommen wird. Es wird davon ausgegangen, dass die Instandhaltung der Gebäude dem Aufwand einer Neuerrichtung in Abständen von ca. 250 Jahren entspricht. Sowohl die Endlagerung als auch die Langzeitlagerung erfordern zu Beginn eine Konditionierung der Abfälle mit vergleichbaren Emissionen, sodass dies nicht betrachtet wird.

	Nullvariante „Langzeitlagerung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und der Abfälle aus der Urananreicherung“	Geplante Maßnahme Endlagerung der rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und der Abfälle aus der Urananreicherung im Endlager
Flächeninanspruchnahme	zwei Langzeitlager und zwei Anlagen zur Neuverpackung: 300.000 m² über ca. 1 Mio. Jahre	zwei Zwischenlager : 200.000 m² über mehrere Jahrzehnte
Luftschadstoffe und Lärm	Emissionen aus zahlreichen Bauvorhaben (16.000 Bauvorhaben (zwei Langzeitlager und zwei Anlagen zur Neuverpackung werden alle 250 Jahre errichtet)	Emissionen der Errichtung und des Betriebs von jeweils einem Zwischenlager für die radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und die Abfälle aus der Urananreicherung
radiologische Emissionen	Direktstrahlung durch die Langzeitlagerung über 1 Mio. Jahre Emissionen durch zahlreiche Neuverpackungen der Abfälle (Grenzwert: 1 mSv/a)	Direktstrahlung durch Zwischenlagerung über einige Jahrzehnte danach Endlagerung (Nachweisziel 0,1 mSv/a)
potenzielle Freisetzungen	Grenzwert für Störfälle: 50 mSv Folgedosis	maximales Nachweisziel 0,1 mSv/Jahr bei weniger wahrscheinlichen Ereignissen

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Nullvarianten „Langzeitlagerung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II und der Reststoffe aus der Urananreicherung“ gegenüber der Endlagerung im Hinblick auf konventionelle und radiologische Wirkfaktoren zu einer Verschlechterung des Zustandes der Umwelt führen würden.

7. Zusätzliche Angaben

In diesem Kapitel werden grenzüberschreitende potenzielle Umweltauswirkungen und Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben dargestellt.

Auf eine gesonderte Darstellung von Maßnahmen der Minimierung und des Ausgleichs wird verzichtet, da dies bereits bei der Bewertung der Umweltauswirkungen der einzelnen Projekte des NaPro erfolgt ist.

7.1. Grenzüberschreitende potenzielle Umweltauswirkungen

Die Standorte der Maßnahmen und Projekte des NaPro sind derzeit nicht festgelegt. Eine Eingrenzung auf bestimmte Gebiete innerhalb Deutschlands erfolgte ebenfalls noch nicht. Daher sind derzeit auch grenznahe Standorte denkbar. Für folgende Wirkfaktoren sind unter Vorsorgeaspekten grenzüberschreitende potenzielle Umweltauswirkungen nicht auszuschließen.

- Luftschadstoff- und Staubemissionen sowie Lärmemissionen durch Baustellen großer Anlagen (z. B. Zwischenlager) innerhalb eines Abstandes von etwa 1,5 km zur Grenze

- Luftschadstoff- und Staubemissionen sowie Lärmemissionen durch Transport von Baustoffen, Abfällen oder Haldenmaterial bei Führung der Transportrouten innerhalb eines Abstandes von etwa 100 m zur Staatsgrenze
- Luftschadstoff- und Staubemissionen durch den Betrieb von Anlagen in unmittelbarer Grenznähe
- Einleitungen von Abwasser mit konventionellen und radioaktiven Inhaltsstoffen bei naheliegender Staatsgrenze im Unterstrom des Vorfluters
- Raumwirkung durch errichtete Gebäude oder Halden in Grenznähe bei direkter Sichtbeziehung außerhalb Deutschlands
- Störfallrisiken beim Betrieb kerntechnischer Anlagen innerhalb Deutschlands
- Unfallrisiken beim innerdeutschen Transport radioaktiver Abfälle im Bereich der Grenze Deutschlands, bei der Rückführung von Abfällen aus der Wiederaufarbeitung über Nachbarstaaten Deutschlands und beim Transport von Brennelementen aus Versuchs-, Demonstrations- und Forschungsreaktoren auf dem Gebiet eines Nachbarstaates

Die dargestellten potenziellen Umweltauswirkungen treten innerhalb der angegebenen Abstände nicht zwangsläufig auf, da bei den Angaben Vorsorgeaspekte berücksichtigt sind und Maßnahmen der Vermeidung und Minimierung eine erhebliche Reduzierung der Wirkungen erzielen können. Solche Maßnahmen der Vermeidung und Minimierung können jedoch erst bei projektspezifischen Kenntnissen erarbeitet und verbindlich festgelegt werden. Darüber hinaus wurde hier unterstellt, dass unmittelbar an der Staatsgrenze zu Deutschland auf dem Gebiet eines Nachbarlandes empfindliche Schutzgüter wie z. B. Wohnbebauungen betroffen sind.

Bei der Realisierung der Maßnahmen und Projekte des NaPro werden Umweltverträglichkeitsprüfungen nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung der Bundesrepublik Deutschland (UVPG) /UVPG 2013/ durchgeführt. Die betroffenen Nachbarstaaten werden an den zukünftigen Genehmigungsverfahren nach Maßgabe des UVPG beteiligt.

7.2. Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben

In der vorliegenden SUP wurden die Maßnahmen des NaPro zu Entsorgung radioaktiver Abfälle hinsichtlich des Baus, des Betriebs und der Stilllegung von Anlagen geprüft, für die keine konkreten Anlagenkonzepte und Standorte festgelegt sind. Die angegebenen Bandbreiten für Wirkfaktoren basieren daher lediglich auf Abschätzungen aus derzeitigen Erkenntnissen über Anlagen zur Behandlung, Zwischenlagerung und Endlagerung von radioaktiven Abfällen. Aufgrund derzeit nicht festgelegter Standorte konnten der jeweils reale Zustand der Umwelt nicht berücksichtigt werden. So wurde beispielsweise auf eine Bewertung von Lärm durch Baumaßnahmen und Transporte im Hinblick auf Tiere, wobei Vögel hier die relevante Tiergruppe darstellen, verzichtet, da derzeit Unkenntnis über die Standorte und dort betroffenen Arten besteht. Die derzeit nicht festgelegten Anlagenkonzepte und Standorte bewirkten, dass die vorliegende Bewertung zu Umweltauswirkungen lediglich qualitativ – häufig als potenziell relevante Umweltauswirkung - erfolgen konnte. Aufgrund der fehlenden Festlegungen lagen daher bei der Bewertung zahlreicher Wirkfaktoren nicht quantitativ belastbare Argumente vor, um bereits in der SUP erhebliche Umweltauswirkungen ausschließen zu können.

In der SUP des NaPro konnten Wechselwirkungen von gleichzeitig durchgeführten Bauvorhaben in räumlicher Nähe zueinander nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus konnten möglicherweise

bestehende Vorbelastungen an zukünftigen Standorten aufgrund ihrer fehlenden Festlegung nicht berücksichtigt werden.

In der SUP des NaPro werden jeweils Maßnahmen der Vermeidung und Minimierung von Umweltauswirkungen genannt. Es besteht jedoch aufgrund fehlender Konkretisierungen zu den Anlagen und Standorten derzeit keine Verbindlichkeit über die Realisierung von Maßnahmen der Vermeidung und Minimierung.

Die dargestellten Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben bestehen bei der Durchführung der Maßnahmen und Projekte des NaPro nicht, da für die dann erforderlichen Genehmigungsverfahren sowohl die anlagentechnischen Aspekte als auch der geplante Standort der Anlagen festgelegt sind.

Hinsichtlich der Bewertung von möglichen Umweltauswirkungen in der Nachverschlussphase eines Endlagers ist der sehr lange Zeitraum, über den sich diese Phase streckt, zu berücksichtigen. Auf die Verfahren zur Bewertung der Langzeitsicherheit eines Endlagers, die den Umgang mit Unsicherheiten bei der Prognose der Entwicklung eines Endlagers über den erforderlichen Zeitraum des Nachweises von 1 Million Jahre berücksichtigen, wird in Kapitel 5.1.6.4 dieser SUP qualitativ eingegangen. Auf einen vorliegenden Nachweis der Langzeitsicherheit eines Endlagers für Wärme entwickelnde Abfälle kann derzeit noch nicht zurückgegriffen werden, da dieser Nachweis erst unter Berücksichtigung des für das Endlager ausgewählten Standortes, der regionalen Geologie und des wirtsgesteinsspezifischen Endlagerkonzeptes erfolgen kann.

Aufgrund dieser Randbedingungen wird für die Nachverschlussphase eines Endlagers auf die Einordnung der Umweltauswirkungen in die üblicherweise verwendeten Kategorien als nicht relevant, potenziell relevant oder potenziell erheblich verzichtet.

Literaturverzeichnis

16. BImSchV Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV), v. 12.06.1990, BGBl. I S. 1036, zuletzt geändert durch Art. 3 des Gesetzes v. 19.09.2006, BGBl. I S. 2146
- AbwV 1997 Abwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 17.6.2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. September 2014 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist.
- Alt et. al. 2009 Alt, S., Herbert, H.-J., Krone, J., Sailer, M., Schmidt, G., Tholen, M.: Konzept für eine abgestufte Nachweisführung zum Schutz des Grundwassers vor chemotoxischen Stoffen in einem Endlager für hochradioaktive Abfälle, FE-Vorhaben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Kennziffern 02E10327, 02E10397 und 02E10407, 31.08.2009
- Arcadis 2012 ARCADIS GmbH, Zwischenbericht zur Fortschreibung der Projektablaufplanung Rückholung für das Projekt Schachanlage Asse II, Zwischenbericht Rev 1.1, Stand: 21.05.2012
- AtG 2013 Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3313) geändert worden ist.
- AtVfV 2006 Atomrechtliche Verfahrensverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Februar 1995 (BGBl. I S. 180), die zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2819) geändert worden ist.
- AVV Baulärm Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen –, v. 19.08.1970, Beilage zum BAnz. Nr. 160
- BArtSchV 2013 Bundesartenschutzverordnung vom 16. Februar 2005 (BGBl. I S. 258, 896), die zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 21. Januar 2013 (BGBl. I S. 95) geändert worden ist.
- BauPG 2012 Bauproduktengesetz vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2449, 2450)
- BBergG 2013 Bundesberggesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 71 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.
- BBodSchG 2012 Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 30 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- BBodSchV 2012 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- BfN 2015 Bundesamt für Naturschutz: Fachinformationssystem des BfN zur FFH-Verträglichkeitsprüfung, Download am 25.02.2015 unter http://ffh-vp-info.de/FFHVP/Art.jsp?m=2,1,0,4&button_ueber=true&wg=4&wid=19).

BfS 1990a	Bundesamt für Strahlenschutz: Fortschreibung des Zusammenfassenden Zwischenberichtes über bisherige Ergebnisse der Standortuntersuchung Gorleben vom Mai 1983, April 1990
BfS 1990b	Bundesamt für Strahlenschutz: Plan Endlager für radioaktive Abfälle – Schachtanlage Konrad Salzgitter, Textband 2, 9/86 in der Fassung 4/90
BfS 2009a	Bundesamt für Strahlenschutz: Stilllegung ERA Morsleben Plan zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben, Salzgitter, 13.01.2009
BfS 2009b	Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Ergebnisse der Radonmessungen in der bodennahen Luft der Bergbaugebiete. Salzgitter, Dezember 2009
BfS 2012	Bundesamt für Strahlenschutz: Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland, ISSN 1864-2810, März 2012
BfS 2014	Bundesamt für Strahlenschutz: Schachtanlage Asse II, Gesamtdarstellung zur Rückholungsplanung, Stand: Januar 2014, BfS-25/14, urn:nbn:de:0221-2014021211169, Salzgitter, Februar 2014
BfS 2015a	Bundesamt für Strahlenschutz: Genehmigungsbescheide aller Standort-Zwischenlager, Download am 05.02.2015 unter http://www.bfs.de/de/transport/zwischenlager/dezentrale_zwischenlager/standorte
BfS 2015b	Bundesamt für Strahlenschutz: Download am 20.02.2015 unter http://www.endlager-konrad.de/cln_005
BfS 2015c	Bundesamt für Strahlenschutz: Dezentrale Zwischenlager – Standorte und Belegung. Stand vom 29.1.2015, Download am 18.02.2015 unter http://www.bfs.de/de/transport/zwischenlager/dezentrale_zwischenlager/einfuehrung.html
BImSchG 2014	Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. November 2014 (BGBl. I S. 1740) geändert worden ist.
BMU 1998	BMU 1998: Gesundheitsrisiken durch Lärm, Tagung Bonn 1998
BMUB 2014	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Gemeinsames Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle Bericht der Bundesrepublik Deutschland für die fünfte Überprüfungs-Konferenz im Mai 2015. August 2014
BNatSchG 2013	Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 100 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.
Dannwolf et al. 2014	Dannwolf, U., Heckelmüller, A.: Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas insbesondere aus Schiefergaslagerstätten Teil 2 - Grundwassermonitoringkonzept, Frackingchemikalienkataster, Entsorgung von Flowback, Forschungsstand zur Emissions- und Klimabilanz, induzierte Seismizität, Naturhaushalt, Landschaftsbild und biologische Vielfalt, Umweltbundesamt 53/2014, 2014

DIBt 2011	Deutsches Institut für Bautechnik: Grundzüge zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser, Mai 2009
DIN 4150-2	DIN: Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2 - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Beuth Verlag, Berlin 1999
DMT 2014	DMT GmbH & Co. KG / TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG, K-UTEC AG Salt Technologies, THYSSEN SCHACHTBAU GMBH: Schachanlage Asse II, Konzeptplanung für einen weiteren Schacht, Sicherheits- und Nachweiskonzept, Essen, 18.06.2014
DMT&TÜV 2009	DMT GmbH & Co. KG und TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG: Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachanlage Asse, September 2009
DoE 1996	US-Department of Energy (DoE): Final Environmental Impact Statement on a proposed Nuclear Weapons Nonproliferation Policy Concerning Foreign Research Reactor Spent Nuclear Fuel, DOE/EIS-0218F, Volume 1 and 2, 1996
DoE 2000	US-Department of Energy (DoE): Savannah River Site, Spent Nuclear Fuel Management Final Environmental Impact Statement, DOE/EIS-0279, Volume 1 and 2, 2000
DoE 2013	US-Department of Energy (DoE): Supplement Analysis Savannah River Site Spent Nuclear Fuel Management, DOE/EIS-0279-SA-01, DOE/EIS-0218-SA-06, 2013
DVGW 1998	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.: Verwendung von Spülungszusätzen in Bohrspülungen bei Bohrarbeiten im Grundwasser, Merkblatt W 116, 1998
DVGW 2008	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.: Bohrungen zur Erkundung, Beobachtung und Gewinnung von Grundwasser, Merkblatt 115, 2008
ESK 2013a	Empfehlung der Entsorgungskommission: Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in Behältern, revidierte Fassung vom 10.06.2013
ESK 2013b	Empfehlung der Entsorgungskommission: ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, revidierte Fassung vom 10.06.2013
ESK 2014	Entsorgungskommission: Stellungnahme der Entsorgungskommission: Rückführung verglaster Abfälle aus der Wiederaufarbeitung im europäischen Ausland – Aufbewahrung der verglasten Abfälle in Standortzwischenlagern aufgrund der Änderung des Atomgesetzes am 01.01.2014 (§ 9a Absatz 2a AtG). 30.10.2014
Euratom 2014	Rat der Europäischen Union: Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom, Amtsblatt der Europäischen Union, L 13/1, 17.01.2014

- EU-BauprodukteV 2011 Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates, ABl. EU L 88/5 vom 04.04.2011.
- Frank 2014 Frank, G. (Hrsg.): Jahresbericht 2013, Karlsruhe Institute of Technology, KIT-Sicherheitsmanagement, Report Nr. KIT-SR 7659, 2014
- Garniel et al. 2007 Garniel, A., Daunicht, W.D., Mierwald, U., Ojowski, U.: Vögel und Verkehrslärm. Quantifizierung und Bewältigung entscheidungserheblicher Auswirkungen von Verkehrslärm auf die Avi-Fauna. Bonn/Kiel November 2007
- GewAbfV 2012 Verordnung über die Entsorgung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung – GewAbfV) v. 19.06.2002, BGBl. I S. 1938, zuletzt geändert durch Art. 5 Abs. 23 des Gesetzes v.24.02.2012, BGBl. I S. 212
- GG 2012 Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 11. Juli 2012 (BGBl. I S. 1478) geändert worden ist.
- GGBefG 2013 Gefahrgutbeförderungsgesetz vom 6. August 1975 (BGBl. I S. 2121), das durch Artikel 2 Absatz 148 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist
- GNS 2010 Gesellschaft für Nuklear-Service mbH: CASTOR® HAW28M Transport- und Lagerbehälter. 9/2010
- GNS 2011 GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH: Standortunabhängiges Konzept für die Nachqualifizierung und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle aus der Schachanlage Asse II, 2011
- Griebler et al 2014 Griebler, C., Kellermann, C., Stumpp, C., Brielmann, H., Bisch, G., Braun, J., Hegler, F.: Einfluss von Temperaturveränderungen auf die Wasserqualität, Grundwasser-Lebens-Gemeinschaften und Ökosystemfunktionen, Essen, 13.11.2014, Vortrag, Download am 06.02.2015 unter http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/aktuelles/Geothermiekongress/2014/Vortraege/W6.4.Christian_Griebler.pdf
- GRS 2008 Brassler, T. et al.: Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in Deutschland. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-247, September 2008, ISBN 978-3-939355-22-9
- GRS 2010 Sentuc, F.-N. et al.: Transportstudie Konrad 2009. Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-256, Dezember 2009, mit Corrigendum vom April 2010, ISBN 978-3-939355-31-1
- GRS 2012 Beuth, T., Bracke, G., Buhmann, D., Dresbach, C., Keller, S., Krone, J., Lommerzheim, A., Mönig, J., Mrugalla, S., Rübél, A., Wolf, J.W.: Szenarienentwicklung für den Standort Gorleben unter Einbeziehung verschiedener Einlagerungsvarianten. Abschlussbericht zum Arbeitspaket 8, Vorläufige

Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben, GRS-284, ISBN 978-3-939355-60-1, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Köln, 2012.

- Goldsworthy et al 2009 Goldsworthy, M., Seidel, K., Popp, T.: Anforderungen an Methoden und Umfang der über- und untertägigen Erkundung eines Standortes für ein Endlager unter Einbeziehung eines internationalen Vergleichs, Vorhaben 3605R02555, urn:nbn:de:0221-2009042391, August 2009
- HWG 2010 Hessisches Wassergesetz vom 14. Dezember 2010 (GVBl. I 2010, 548), das zuletzt durch Artikel 62 des Gesetzes vom 13. Dezember 2012 (GVBl. S. 622) geändert worden ist
- IAEA 2012 International Atomic Energy Agency: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2012 Edition, Specific Safety Requirements, No. SSR-6, IAEA, Wien, 2012
- ICRP 2008 International Commission on Radiological Protection (ICRP): Environmental protection - the concept and use of reference animals and plants, ICRP Publication 108, Annals of the ICRP 38(4–6), 2008
- KrWG 2013 Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch § 44 Absatz 4 des Gesetzes vom 22. Mai 2013 (BGBl. I S. 1324) geändert worden ist.
- Küppers et al. 2012 Küppers Chr., Ustohalova, V., Ulanovsky, A.: Systematische Untersuchung der Exposition von Flora und Fauna bei Einhaltung der Grenzwerte der StrlSchV für den Menschen, Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz, Vorhaben 3609S70006, BfS-RESFOR-62/12, urn:nbn:de:0021-201203227814, Salzgitter, März 2012
- LAI 2000 Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen, Beschluss v. 10.05.2000
- LAI 2012 Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen, Beschluss der LAI vom 13.09.2012
- LAWA 2002 Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz, Hannover, Mai 2002
- LAWA 2004 Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Ableitung von Geringfügigkeitsschellen für das Grundwasser, Düsseldorf, Dezember 2004
- LAWA 2006 Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: LAWA-Hinweis für die Anwendung der Geringfügigkeitsschwellenwerte bei Benutzungen des Grundwassers in bestimmten Fallgestaltungen, Beschlossen in der 131. LAWA-Vollversammlung am 20./21. September 2006
- Lex Asse 2013 Gesetz zur Beschleunigung der Rückholung radioaktiver Abfälle und der Stilllegung der Schachanlage Asse, vom 20. April 2013
- Macek 2001 Macek, A., Gassler, W.: Sondierbohrung Benken – Bohrtechnik, Bau und Umweltaspekte, NTB 99-12, Dezember 2001

- Müller 2002 Müller-Hoeppe, N.: Gorleben – bisherige Arbeiten und Stellung im neuen Entsorgungskonzept: Technisches Konzept für ein potentiellendes Endlagerbergwerk im Salz, Juni 2002
- NAGRA TB02-02 2002 Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA): Konzept für die Anlage und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers, Technischer Bericht 02-02, Dezember 2002
- NAGRA TB0224 2002 Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA): SMA/WLB, Bohrlochversiegelung/-verfüllung, SB4a/schräg, Technischer Bericht 02-24, Dezember 2002
- NAGRA 2010 Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA): Was kommt auf die Regionen zu, Auswirkungen geologischer Tiefenlager auf Gesellschaft, Wirtschaft und Lebensraum, Broschüre, März 2010
- NAGRA TB1001 2010 Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA): Beurteilung der geologischen Unterlagen für die provisorischen Sicherheitsanalysen in SGT Etappe 2, Klärung der Notwendigkeit ergänzender geologischer Untersuchungen, Technischer Bericht, Oktober 2010
- NAGRA TB1101 2011a Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA): Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung, Genereller Bericht, Technischer Bericht 11-01, Dezember 2011
- NAGRA TB1101 2011b Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA): Vorschläge zur Platzierung der Standortareale für die Oberflächenanlage der geologischen Tiefenlager sowie zu deren Erschliessung, Beilagenband, Technischer Bericht 11-01, Dezember 2011
- NAGRA TB1301 2013 Standortunabhängige Betrachtung zur Sicherheit und zum Schutz des Grundwassers, Technischer Bericht 13-01, August 2013
- NaPro 2015 Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm), ENTWURF, 06. Januar 2015
- NERAS 2010 Einrichtung für radioaktiven Abfall und angereicherte Spaltprodukte (NERAS): Strategische Umweltprüfung (SUP) über den Abfallwirtschaftsplan der NERAS, Hauptbericht, 07.06.2010
- NUKEM 1984 NUKEM GmbH, DWK mbH: Systemstudie Andere Entsorgungstechniken – Sicherheitstechnische Arbeiten zur Konditionierungsanlage bei den Anderen Entsorgungstechniken, Technischer Anhang 4, August 1984
- OGewV 2011 Oberflächengewässerverordnung vom 20.7.2011, BGBl. I, S. 1429
- Posiva OY Posiva OY: The final disposal facility for spent nuclear fuel; Environmental impact assessment report; Posiva OY, Helsinki, 1999
- Possemiers et al 2014 Possemiers, M., Huysmans, M., Batelaan, O.,: Influence of Aquifer Thermal Energy Storage on groundwater quality: A review illustrated by seven case studies from Belgium, Journal of Hydrology, Regional Studies 2, S. 20-34, 2014

- RAG 2015 RAG-Stiftung, Download am 11.02.2015 unter http://verantwortung.rag.de/wirtschaftliches_wassermanagement/
- RAL-UZ 53 Lärmarme Baumaschinen, RAL-UZ 53, <https://www.blauer-engel.de/produktwelt/gewerbe/l-rmarme-baumaschinen>
- Reijen et al. 1995 Reijen, R. et al.: The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. III. Reduction of density in relation to the proximity of main roads. Journal of Applied Ecology, 1995 (32), S. 187-202
- Ritter 1977 Ritter, R.: Grundwasser, Temperatur und thermische Nutzung; Hrsg: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1977
- SaEndlWA 2010 Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 30.09.2010
- Schilling 2012 Schilling, Prof. Dr., F.R.: Bohrung, Verrohrung, Zementierung, Karlsruher Institut für Technologie, Kurzgutachten, 2012
- StandAG 2013 Standortauswahlgesetz vom 23. Juli 2013 (BGBl. I S. 2553)
- Steag 2014 Steag Energy Services GmbH: Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage ASSE II, Konzept und Genehmigungsplanung für ein übertägiges Zwischenlager. Standortunabhängige Parameterstudie zum Vergleich der Strahlenexposition durch ein Zwischenlager sowie Abfalltransporte, November 2014
- Sres 2009 Sres, A.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur künstlichen Bodenvereisung im strömenden Grundwasser, Diss ETH Nr. 18378, Dissertation, 2009
- SSK 2003 Strahlenschutzkommission (SSK): Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV – Neufassung des Kapitels 4: Berechnung der Strahlenexposition, Empfehlung der SSK, verabschiedet in der 186. Sitzung der SSK am 11.09.2003
- SSK 2013 Strahlenschutzkommission (SSK): Umsetzung von Artikel 65 Abs. 2 der neuen europäischen Grundnormen des Strahlenschutzes zum Schutz der Umwelt, Empfehlung der SSK, verabschiedet in der 267. Sitzung der SSK am 12.12.2013, urn:nbn:de:101:1-201404076720
- StrlSchV 2012 Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714; 2002 I S. 1459), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- TA Lärm Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26.08.1998, GMBI. Nr. 26/1998, S. 503
- Thiele 2004 Thiele, M.: Umwelt- und Naturschutzaspekte bei der Erschließung und Nutzung von Erdwärme, Diplomarbeit, Januar 2004
- TÜV 2013 TÜV SÜD Industrie Service GmbH: Schachanlage Asse II. Bericht zur Überprüfung des Abfallinventars, 3. Einzelbeauftragung: Überprüfung der sonstigen Abfalldaten, November 2013

UBS 2012	Umweltplanung Bullermann Schneble GmbH: Informations- und Dialogprozess zum Aufsuchen und Fördern von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten (InfoDialog Fracking) Fachbeitrag zum Themenkreis Landschaft Flächeninanspruchnahme, (oberirdische) Infrastruktur, Betrieb, April 2012
Urenco 2002	Urenco Deutschland GmbH: Endausbau der Urananreicherungsanlage Gronau auf 4.500 t UTA/a – Sicherheitsbericht nach § 3 Abs. 1 Nr. 1 AtVfV einschließlich der Angaben nach § 3 Abs. 1 Nr. 8 und 9 AtVfV und nach § 3 Abs. 2 AtVfV, Dezember 2002
Uth 2012	Technische Sicherheit von Anlagen und Verfahren zur Erkundung und Förderung von Erdgas aus nichtkonventionellen Lagerstätten, Gutachten für Expertenkreis Fracking, AG Risiko, Team Ewen, 15. Mai 2012
UVPG 2013	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), das zuletzt durch Artikel 10 des Gesetzes vom 25. Juli 2013 (BGBl. I S. 2749) geändert worden ist.
WHG 2014	Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 15. November 2014 (BGBl. I S. 1724) geändert worden ist.